

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
ІНСТИТУТ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ  
Кафедра електропостачання

## **МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

**до виконання курсової роботи**

кредитного модуля «Електричні системи та мережі»

для студентів спеціальностей «Електротехнічні системи електроспоживання» та  
«Енергетичний менеджмент»

Київ 2017

Методичні рекомендації до виконання розрахункової роботи кредитного модуля «Електричні системи та мережі» для студ. спец. «Електротехнічні системи електроспоживання» та «Енергетичний менеджмент» / Уклад. : Д.Г.Дерев'янка, В. В. Ткаченко, А. О. Журавльов. – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 64 с.

*Рекомендовано Вченою радою ІЕЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського  
(Протокол № 11 від 26 червня 2017 р.)*

Е л е к т р о н н е   н а в ч а л ь н е   в и д а н н я

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ  
до виконання курсової роботи**

кредитного модуля «Електричні системи та мережі»  
для студентів спеціальностей «Електротехнічні системи електроспоживання» та  
«Енергетичний менеджмент»

Укладачі:                    *Ткаченко Вадим Владиславович*, канд. техн. наук,  
                                      доц.  
                                      *Дерев'янка Денис Григорович*, канд. техн. наук,  
                                      ас.  
                                      *Журавльов Андрій Олександрович*, ст. викладач

Відповідальний        *М. М. Федосенко*, канд. техн. наук, доц.  
редактор

Рецензент                *О.В. Данілін*, канд. техн. наук, доц.

За редакцією укладачів

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
ЗАВДАННЯ ТА ПОЧАТКОВІ ДАНІ.....	6
1.1 ЗАВДАННЯ 1.....	7
ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ.....	10
1.2 ЗАВДАННЯ 2.....	12
ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ.....	17
1.3 ЗАВДАННЯ 3.....	20
ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ.....	25
1.4 ЗАВДАННЯ 4.....	30
ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ.....	36
ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА.....	39
2.1. Структура записки.....	39
2.2 Комплектація записки.....	40
ВИМОГИ ДО СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗАПИСКИ.....	41
3.1 Зміст.....	41
3.2 Вступ.....	41
3.3 Основна частина.....	41
3.4 Додатки.....	42
ОФОРМЛЕННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ.....	43
4.1. Загальні вимоги.....	43
4.2 Мова.....	45
4.3 Вимоги до тексту.....	45
4.4 Оформлення структурних елементів.....	46
4.5 Нумерація сторінок записки.....	47
4.6 Нумерація розділів, підрозділів, пунктів, підпунктів.....	47
4.7 Ілюстрації.....	48
4.8 Примітки.....	49
4.9 Формули та рівняння.....	49
4.10 Посилання.....	52
4.11 Оформлення додатків.....	53
4.12 Скорочення та власні назви.....	54
4.13 Числа і знаки.....	54
Додаток А.....	56

Додаток Б .....	59
Додаток В.....	62
Додаток Г .....	63

## **ВСТУП**

Метою вивчення кредитного модулю «Електричні системи і мережі» є формування знань в області теорії розрахунків і аналізу режимів електричних систем і мереж, забезпечення при їх проектуванні і експлуатації економічності, надійності, а також якості електроенергії.

Для досягнення поставленої мети навчальним планом передбачено виконання студентами курсової роботи (КР), яка сприяє більш поглибленому вивченню теоретичного матеріалу, формування вмінь використання знань для самостійного вирішення відповідних практичних завдань.

Методичні вказівки призначені для систематизації та викладення основних вимог щодо виконання та оформлення курсових робіт, які ґрунтуються на існуючих нормативних матеріалах та галузевих стандартах.

Перед виконанням роботи слід вивчити відповідні розділи дисципліни, присвячені застосуванню основних понять та математичних співвідношень для опису електричної системи, методів формування рівнянь математичної моделі електричної системи.

У КР студенти проводять розрахунки ustalених режимів розімкнутих та замкнутих електричних мереж.

## ЗАВДАННЯ ТА ПОЧАТКОВІ ДАНІ

Курсова робота з кредитного модулю «Електричні системи і мережі» для кожного студента містить 4 завдання. Номер варіанта кожного завдання відповідає номеру залікової книжки або задається викладачем. Роботи, що містять завдання не свого варіанта, не зараховуються.

В усіх завданнях потрібно розрахувати ustalений режим мережі, а саме:

- потоки і втрати потужності в ланках схеми;
- потужність на шинах центру (джерела) живлення;
- напругу в вузлах 2, 3 і 4 мережі.

Параметри елементів мереж (проводів і трансформаторів) наведені в таблицях Додатку.

До складу КР включені наступні завдання:

**Завдання 1** – розрахунок режиму лінії електропередачі за даними початку лінії.

**Завдання 2** – розрахунок режиму розгалуженої розімкненої мережі однієї номінальної напруги.

**Завдання 3** – розрахунок режиму розгалуженої розімкненої мережі двох номінальних напруг.

**Завдання 4** – розрахунок режиму замкнутої мережі з одного контуру однієї номінальної напруги

# 1.1 ЗАВДАННЯ 1

## РОЗРАХУНОК РЕЖИМУ ЛІНІЇ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ ЗА ДАНИМИ ПОЧАТКУ ЛІНІЇ

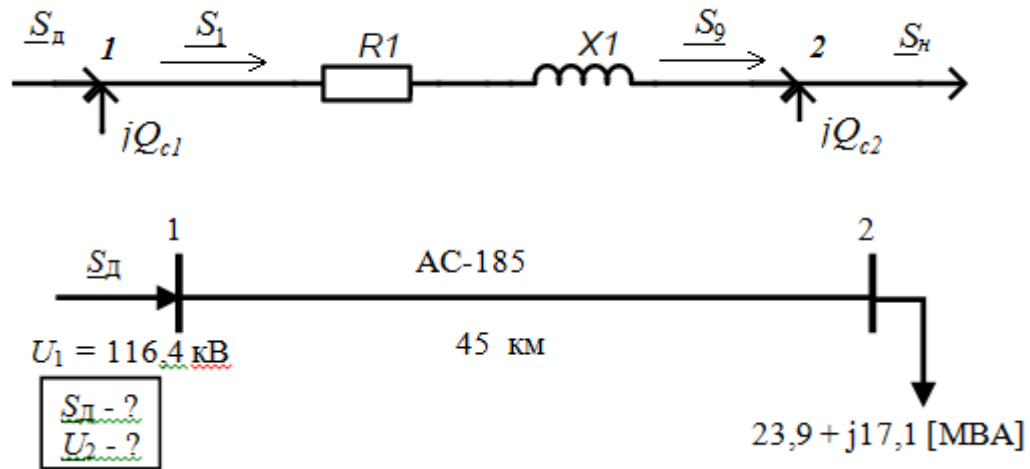


Рисунок 1.1 – Схема заміщення та принципова схеми

Розрахуємо робочі режими ліній живлячої мережі, схема якої зображена на Рисунок 1.1.

погонний активний опір:

$$r_0 = \frac{16,2}{100} = 0,162 \text{ (Ом/км)}$$

погонний реактивний опір:

$$x_0 = \frac{41,3}{100} = 0,413 \text{ (Ом/км)}$$

погонна реактивна провідність:

$$b_0 = \frac{2,75 \cdot 10^{-4}}{100} = 0,0275 \cdot 10^{-4} \text{ (См/км)}$$

Розрахунок параметрів схеми заміщення Рисунок 1.1:

Активний опір:

$$R = r_0 \cdot L \text{ (Ом)}, \quad (1.1)$$

де  $r_0$  – погонний опір лінії (Ом/км),  $L$  – довжина лінії (км).

$$R = 0,162 \cdot 45 = 7,29 \text{ (Ом)}$$

Реактивний опір:

$$X = x_0 \cdot L \text{ (Ом)}, \quad (1.2)$$

де  $x_0$  – погонний реактивний опір лінії (Ом/км),  $L$  – довжина лінії (км).

$$X = 0,413 \cdot 45 = 18,585 \text{ (Ом)}$$

Реактивна провідність:

$$B = b_0 \cdot L \text{ (См)}, \quad (1.3)$$

де  $b_0$  – погонна реактивна провідність лінії (См/км),  $L$  – довжина лінії (км).

$$B = 0,0275 \cdot 45 \cdot 10^{-4} = 7,29 \cdot 10^{-4} \text{ (См)}$$

Задамося початковим наближенням напруги у вузлі 2:  $U_2^{(0)} = U_H = 110 \text{ (кВ)}$

Перша ітерація:

Перше наближення зарядної потужності у вузлі 1,  $Q_{c1}^{(1)}$ , знаходиться за формулою:

$$Q_{c1}^{(1)} = \frac{B}{2} \cdot U_1^2 \quad (1.4)$$

де  $B$  – реактивна провідність (См),  $U_1$  – напруга у вузлі 1 (кВ).

$$Q_{c1}^{(1)} = \frac{1,268 \cdot 10^{-4}}{2} \cdot 116,4^2 = 0,619 \cdot 10^{-4} \cdot 13548,96 = 0,839 \text{ (Мвар)}$$

Друге наближення зарядної потужності у вузлі 2,  $Q_{c2}^{(1)}$ , за формулою:

$$Q_{c2}^{(1)} = \frac{B}{2} \cdot U_H^2, \quad (1.5)$$

де  $B$  – реактивна провідність (См),  $U_H$  – номінальна напруга (кВ).

$$Q_{c2}^{(1)} = \frac{1,238 \cdot 10^{-4}}{2} \cdot 110^2 = 0,619 \cdot 10^{-4} \cdot 12100 = 0,749 \text{ (Мвар)}$$

Перше наближення потужності  $\underline{S}_2^{(1)}$ :

$$\underline{S}_2 = S_H - jQ_{c2}, \quad (1.6)$$

де  $Q_{c2}$  – зарядна потужність у вузлі 2 (Мвар);  $P$  – активна складова потужності,  $Q$  – реактивна складова потужності.

$$S_2^{(1)} = 23,9 + j17,1 - j0,749 = 23,9 + j16,351 \text{ (МВА)}$$

Перше наближення втрат потужності в лінії  $\Delta S_2^{(1)}$ :



$$\Delta \underline{Z} = \frac{(P)^2 + (Q)^2}{U_n^2} \cdot R + j \frac{(P)^2 + (Q)^2}{U_n^2} \cdot X \quad (1.7)$$

$$\underline{\Delta S}_2^{(1)} = \frac{23,9^2 + 16,351^2}{110^2} \cdot 7,29 + j \frac{23,9^2 + 16,351^2}{110^2} \cdot 18 = 0,505 + j1,288 \text{ (MBA)}$$

Перше наближення потужності  $\underline{\Delta S}_1^{(1)}$  :

$$\underline{S}_1 = \underline{S}_2 + \underline{\Delta S}_2 \quad (1.8)$$

$$\underline{S}_1^{(1)} = 23,9 + j16,351 + 0,505 + j1,288 = 24,405 + j17,639 \text{ (MBA)}$$

Визначаємо потужність джерела  $\underline{S}_{дж}$  :

$$\underline{S}_{дж} = \underline{S}_1 - (Q_{c1}) \quad (1.9)$$

$$\underline{S}_{дж}^{(1)} = 24,405 + j17,639 - j0,839 = 24,405 + j16,8 \text{ (MBA)}$$

Перше наближення падіння напруги в лінії  $\underline{\Delta U}^{(1)}$  :

$$\underline{\Delta U} = \frac{P_1 \cdot R + Q_1 \cdot X}{U_1} + j \frac{P_1 \cdot X - Q_1 \cdot R}{U_1}, \quad (1.10)$$

де  $\frac{P_1 \cdot R + Q_1 \cdot X}{U_1}$  – активна складова падіння напруги;  $\frac{P_1 \cdot X - Q_1 \cdot R}{U_1}$  – реактивна складова падіння напруги.

$$\underline{\Delta U}^{(1)} = \frac{24,405 \cdot 7,29 + 16,8 \cdot 18,585}{116,4} + j \frac{24,405 \cdot 18,585 - 16,8 \cdot 7,29}{116,4} = 4,211 + j2,844 \text{ (кВ)}$$

Перше наближення напруги  $\underline{U}_2^{(1)}$  у вузлі 2:

$$\underline{U}_2 = \underline{U}_1 - \underline{\Delta U} = \underline{U}_1 - \Delta U - jU \quad (1.11)$$

$$U_2^{(1)} = 116,4 - 4,211 - j2,844 = 112,189 - j2,844 \text{ (кВ)}$$

Напруга у вузлі 2 по модулю за формулою:

$$U_2^{(1)} = \sqrt{(U_1 - \Delta U)^2 + \delta U^2}, \quad (1.12)$$

де  $\Delta U$  – поперечна складова напруги,  $\delta U$  – повздовжня складова.

$$U_2^{(1)} = \sqrt{(116,4 - 4,211)^2 + 2,844^2} = \sqrt{12586,372 + 8,088} = 112,225 \text{ (кВ)}$$

Друга ітерація:

Друге наближення зарядної потужності  $Q_{c2}^{(2)}$  у вузлі 2:

$$Q_{c2}^{(2)} = \frac{B}{2} \cdot (U_2^{(2)})^2 \quad (1.13)$$

$$Q_{c2}^{(2)} = \frac{1,238 \cdot 10^{-4}}{2} \cdot 112,225^2 = 0,619 \cdot 10^{-4} \cdot 12594,451 = 0,779 \text{ (Мвар)}$$

Визначаємо друге наближення потужності  $S_2^{(2)}$  за формулою (1.6.):

$$S_2^{(2)} = 23,9 + j17,1 - j0,779 = 23,9 + j16,321 \text{ (МВА)}$$

Розраховуємо друге наближення втрат потужності  $\Delta S_2^{(2)}$  за формулою (1.7):

$$\Delta S_2^{(2)} = \frac{23,9^2 + 16,321^2}{110^2} \cdot 7,29 + j \frac{23,9^2 + 16,321^2}{110^2} \cdot 18,585 = 0,503 + j1,282 \text{ (МВА)}$$

Друге наближення потужності  $S_1^{(2)}$  знаходиться за формулою (1.8):

$$S_1^{(2)} = 23,9 + j16,205 + 0,503 + j1,282 = 24,403 + j17,487 \text{ (МВА)}$$

Розраховуємо потужність джерела  $S_{дж}^{(2)}$  за формулою (1.9):

$$S_{дж}^{(2)} = 24,403 + j17,487 - j0,839 = 24,403 + j16,648 \text{ (МВА)}$$

Друге наближення падіння напруги  $\Delta U^{(2)}$  в лінії розраховується за формулою(1.10):

$$\Delta U^{(2)} = \frac{24,403 \cdot 7,29 + 16,648 \cdot 18,585}{116,4} + j \frac{24,403 \cdot 18,585 - 16,648 \cdot 7,29}{116,4} =$$

$$= 4,186 + j2,85(\text{кВ})$$

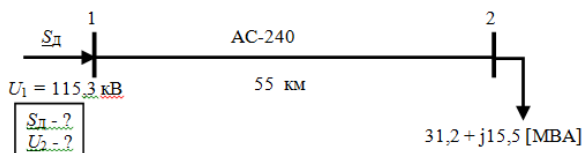
Визначаємо напругу  $U_2^{(2)}$  підставивши значення у формулу 1.12:

$$U_2^{(2)} = \sqrt{(116,4 - 4,186)^2 + 2,85^2} = \sqrt{12591,982 + 8,123} = 112,250 \text{ (кВ)}$$

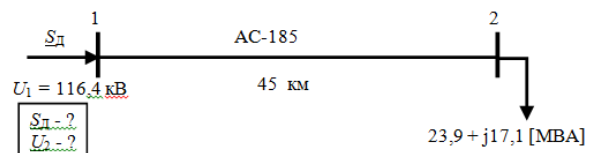
На цьому друга ітерація закінчується.

## ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ

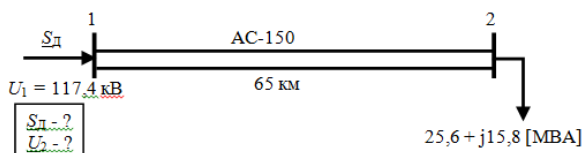
Варіант 1



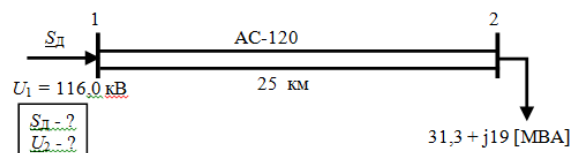
Варіант 2



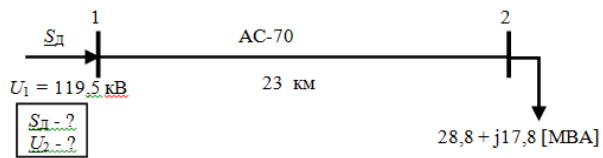
Варіант 3



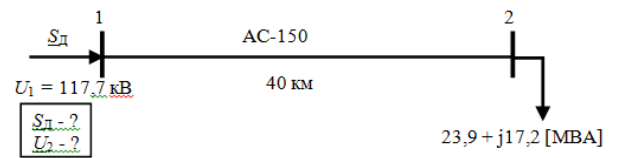
Варіант 4



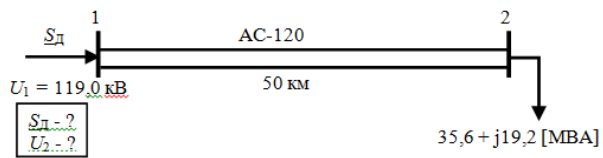
Варіант 5



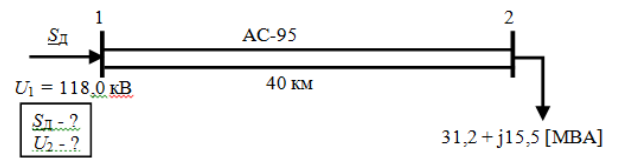
Варіант 6



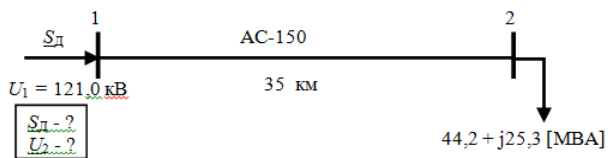
Варіант 7



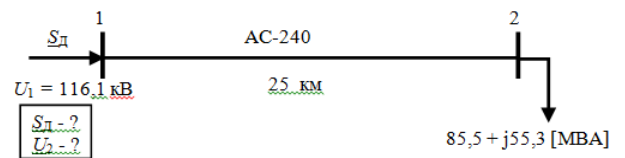
Варіант 8



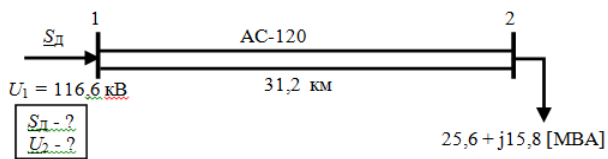
Варіант 9



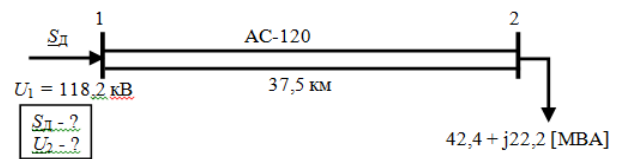
Варіант 10



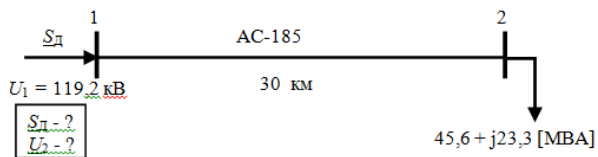
Варіант 11



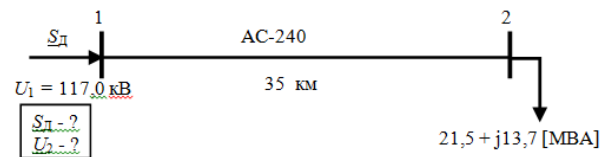
Варіант 12



Варіант 17



Варіант 18



## 1.2 ЗАВДАННЯ 2

### РОЗРАХУНОК РЕЖИМУ РОЗГАЛУЖЕНОЇ РОЗІМКНЕНОЇ МЕРЕЖІ ОДНІЄЇ НОМІНАЛЬНОЇ НАПРУГИ.

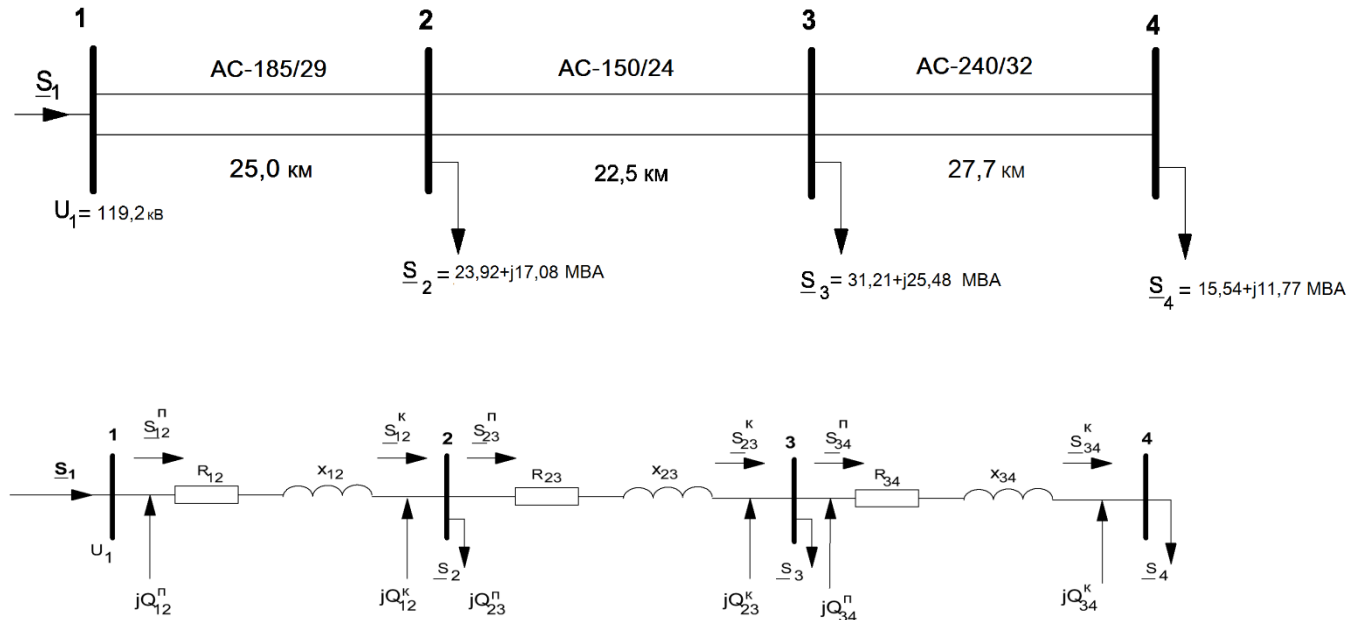


Рисунок 2.1 – Схема заміщення та принципова схеми

Погонні параметри заданої лінії, схема якої зображена на Рисунок 2.1:

погонний активний опір:

$$\text{Ділянка 1-2: } r_0 = \frac{16,2}{100} = 0,162 \text{ (Ом/км);}$$

$$\text{Ділянка 2-3: } r_0 = \frac{19,8}{100} = 0,198 \text{ (Ом/км);}$$

$$\text{Ділянка 3-4: } r_0 = \frac{12}{100} = 0,12 \text{ (Ом/км);}$$

погонний реактивний опір:

$$\text{Ділянка 1-2: } x_0 = \frac{41,3}{100} = 0,413 \text{ (Ом/км);}$$

$$\text{Ділянка 2-3: } x_0 = \frac{42}{100} = 0,42 \text{ (Ом/км);}$$

$$\text{Ділянка 3-4: } x_0 = \frac{40,5}{100} = 0,405 \text{ (Ом/км);}$$

погонна реактивна провідність:

$$\text{Ділянка 1-2: } b_0 = \frac{2,75 \cdot 10^4}{100} = 0,0275 \cdot 10^{-4} \text{ (См/км);}$$

$$\text{Ділянка 2-3: } b_0 = \frac{2,7 \cdot 10^4}{100} = 0,027 \cdot 10^{-4} \text{ (См/км);}$$

$$\text{Ділянка 3-4: } b_0 = \frac{2,81 \cdot 10^4}{100} = 0,0281 \cdot 10^{-4} \text{ (См/км);}$$

Параметри схеми заміщення:

Активний опір:

$$R = r_0 \cdot L, \quad (2.1)$$

де  $r_0$  – погонний активний опір лінії (Ом/км),  $L$  – довжина лінії (км).

$$\text{Ділянка 1-2: } R_{12} = 0,162 \cdot 25 = 4,05 \text{ (Ом);}$$

$$\text{Ділянка 2-3: } R_{23} = (0,198 \cdot 25) / 2 = 2,742 \text{ (Ом);}$$

$$\text{Ділянка 3-4: } R_{34} = 0,12 \cdot 22,2 = 2,664 \text{ (Ом);}$$

Реактивний опір:

$$X = x_0 \cdot L, \quad (2.2)$$

де  $x_0$  – погонний реактивний опір лінії (Ом/км),  $L$  – довжина лінії (км).

$$\text{Ділянка 1-2: } X_{12} = 0,413 \cdot 25 = 10,325 \text{ (Ом);}$$

$$\text{Ділянка 2-3: } X_{23} = (0,42 \cdot 27,7) / 2 = 5,817 \text{ (Ом);}$$

$$\text{Ділянка 3-4: } X_{34} = 0,405 \cdot 22,2 = 8,991 \text{ (Ом);}$$

Реактивна провідність:

$$B = b_0 \cdot L, \quad (2.3)$$

де  $b_0$  – погонна реактивна провідність лінії (См/км),  $L$  – довжина лінії (км).

$$\text{Ділянка 1-2: } B_{12} = 0,0275 \cdot 10^4 \cdot 25 = 0,688 \cdot 10^4 \text{ (См);}$$

$$\text{Ділянка 2-3: } B_{23} = (0,027 \cdot 10^4 \cdot 27,7) \cdot 2 = 1,496 \cdot 10^4 \text{ (См);}$$

$$\text{Ділянка 3-4: } B_{34} = 0,0281 \cdot 10^4 \cdot 22,2 = 0,624 \cdot 10^4 \text{ (См);}$$

Зарядна потужність на початку та в кінці лінії розраховується за наступними формулами:

$$Q^n = \frac{B}{2} \cdot U_1^2, \quad (2.4)$$

$$Q^к = \frac{B}{2} \cdot U_n^2, \quad (2.5)$$

де  $B$  – реактивна провідність (См),  $U_1$  та  $U_n$  – напруги на шинах джерела та номінальна відповідно (кВ).

$$\text{Ділянка 1-2: } Q_{c12}^n = \frac{0,688 \cdot 10^4}{2} \cdot 119,2^2 = 0,489 \text{ (Мвар);}$$

$$Q_{c12}^{\kappa} = \frac{0,688 \cdot 10^{-4}}{2} \cdot 110^2 = 0,416 \text{ (Мар)};$$

Ділянка 2-3:

$$Q_{c23}^{\eta} = \frac{1,496 \cdot 10^{-4}}{2} \cdot 110^2 = 0,905 \text{ (Мвар)};$$

$$Q_{c23}^{\kappa} = \frac{1,496 \cdot 10^{-4}}{2} \cdot 110^2 = 0,905 \text{ (Мар)};$$

Ділянка 3-4:

$$Q_{c34}^{\eta} = \frac{0,624 \cdot 10^{-4}}{2} \cdot 110^2 = 0,378 \text{ (Мвар)};$$

$$Q_{c34}^{\kappa} = \frac{0,624 \cdot 10^{-4}}{2} \cdot 110^2 = 0,378 \text{ (Мар)};$$

Розрахунок режиму лінії електропередач будемо проводити в два етапи.

Етап 1: «Розрахунок потокорозділу на ділянках лінії електропередач»

Розрахунок наданому етапі будемо проводити рухаючись з кінця лінії до її початку.

Розрахуємо потужність в кінці ділянки 3-4:

$$\underline{S}_{34}^{\kappa} = \underline{S}_4 - jQ_{c34}^{\kappa} \text{ (МВА)}, \quad (2.6)$$

де  $\underline{S}_4$  – потужність навантаження у вузлі 4 (МВА),  $Q_{c34}^{\kappa}$  – зарядна потужність ділянки 3-4.

$$\underline{S}_{34}^{\kappa} = 15,54 + j11,77 - j0,378 = 15,54 + j11,392 \text{ (МВА)}$$

Визначимо втрати потужності на ділянці 3-4 за формулою:

$$\underline{\Delta S} = \frac{P^2 + Q^2}{(U_n)^2} \cdot (R + jX) = \frac{P^2 + Q^2}{(U_n)^2} \cdot R + j \frac{P^2 + Q^2}{(U_n)^2} \cdot X, \quad (2.7)$$

де  $\frac{P^2 + Q^2}{(U_n)^2} \cdot R$  – активна складова потужності,  $\frac{P^2 + Q^2}{(U_n)^2} \cdot X$  – реактивна складова.

$$\underline{\Delta S}_{34} = \frac{15,54^2 + 11,392^2}{110^2} \cdot 2,644 + j \frac{15,54^2 + 11,392^2}{110^2} \cdot 8,991 = 0,082 + j0,276 \text{ (МВА)}$$

Розрахуємо потужність на початку ділянки 3-4 за формулою:

$$\underline{S}^{\eta} = \underline{S}^{\kappa} + \underline{\Delta S} \text{ (МВА)}, \quad (2.8)$$

де  $\underline{S}^{\kappa}$  – потужність кінця ділянки,  $\underline{\Delta S}$  – втрата потужності на ділянці.

$$\underline{S}_{34}^{\eta} = 15,54 + j11,392 + 0,082 + j0,276 = 15,622 + j11,668 \text{ (МВА)}$$

Визначимо потужність в кінці ділянки 2-3 за формулою:

$$\underline{S}_{23}^{\kappa} = \underline{S}_3 - jQ_{c34}^n + \underline{S}_{34}^n - jQ_{23}^{\kappa} , \quad (2.9)$$

$$\underline{S}_{23}^{\kappa} = 31,21 + j25,48 - j0,378 + 15,622 + j11,668 - j0,905 = 46,832 + j35,865 \text{ (МВА)}$$

Розрахуємо втрати потужності на ділянці 2-3 підставивши значення в формулу (2.7):

$$\underline{\Delta S}_{23} = \frac{46,832^2 + 35,865^2}{2} \cdot 2,742 + j \frac{46,832^2 + 35,865^2}{2} \cdot 5,817 = 0,789 + j1,673 \text{ (МВА)}$$

Визначимо потужність на початку ділянки 2-3 за формулою (2.8):

$$\underline{S}_{23}^n = 46,832 + j35,865 + 0,789 + j1,673 = 47,621 + j37,538 \text{ (МВА)}$$

Визначимо потужність в кінці ділянки 1-2 за формулою:

$$\underline{S}_{12}^{\kappa} = \underline{S}_2 - jQ_{c23}^n + \underline{S}_{23}^n - jQ_{c12}^{\kappa} \quad (2.10)$$

$$\underline{S}_{12}^{\kappa} = 23,92 + j17,08 - j0,905 + 47,621 + j37,538 - j0,416 = 71,541 + j53,297 \text{ (МВА)}$$

Розрахуємо втрати потужності ділянки 1-2 за відомою формулою (2.7):

$$\underline{\Delta S}_{12} = \frac{71,541^2 + 53,297^2}{110^2} \cdot 4,05 + j \frac{71,541^2 + 53,297^2}{110^2} \cdot 10,325 = 2,664 + j6,791 \text{ (МВА)}$$

Визначимо потужність на початку ділянки 1-2 за формулою (2.8):

$$\underline{S}_{12}^n = 71,541 + j53,297 + 2,664 + j6,791 = 74,205 + j60,088 \text{ (МВА)}$$

Розрахуємо потужність джерела за формулою:

$$\underline{S}_{дж} = \underline{S}_{12}^n - jQ_{12}^n \quad (2.11)$$

$$\underline{S}_{дж} = 74,205 + j60,088 - j0,489 = 74,205 + j59,599 \text{ (МВА)}$$

На цьому перший етап закінчується .

## Етап 2: «Розрахунок напруг у вузлах лінії»

Розрахунок на цьому етапі будемо проводити рухаючись з початку лінії до її кінця.

Розрахуємо падіння напруги на ділянці 1-2 , нехтуючи поперечною складовою падіння напруги падіння напруги:

$$\Delta U = \frac{P^n \cdot R + Q^n \cdot X}{U_1} \quad (2.12)$$

$$\Delta U_{12} = \frac{74,205 \cdot 4,05 + 60,088 \cdot 10,325}{119,2} = 7,726 \text{ (кВ)}$$

Визначимо напругу у вузлі 2 за формулою:

$$U = U_1 - \Delta U \quad (2.13)$$

$$U_2 = 119,2 - 7,726 = 111,474 \text{ (кВ)}$$

Розрахуємо падіння напруги у лінії 2-3 за формулою (2.12) :

$$\Delta U_{23} = \frac{47,621 \cdot 2,742 + 37,538 \cdot 5,817}{111,474} = 3,130$$

Визначимо напругу у вузлі 3 за формулою (2.13)

$$U_3 = 111,474 - 3,130 = 108,344 \text{ (кВ)}$$

Розрахуємо падіння напруги у лінії 3-4 за формулою (2.12):

$$\Delta U_{34} = \frac{15,622 \cdot 2,664 + 11,668 \cdot 8,991}{108,344} = 1,352$$

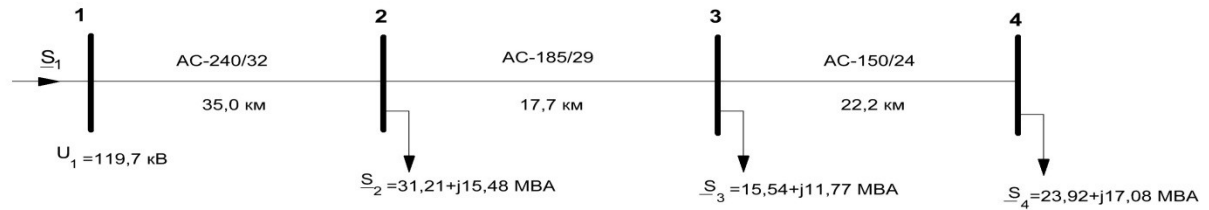
Визначимо напругу у вузлі 4 за формулою (2.13):

$$U_4 = 108,344 - 1,352 = 106,992 \text{ (кВ)}$$

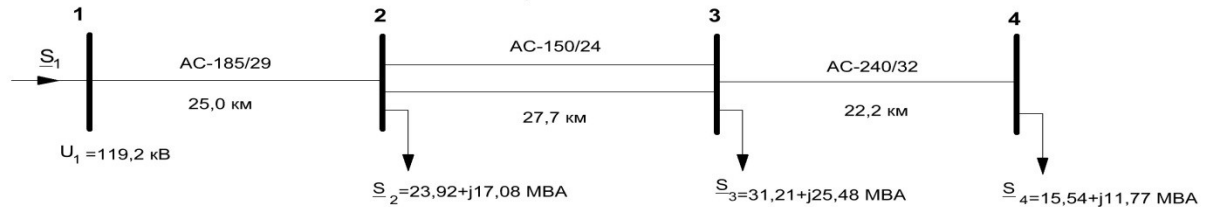


# ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ

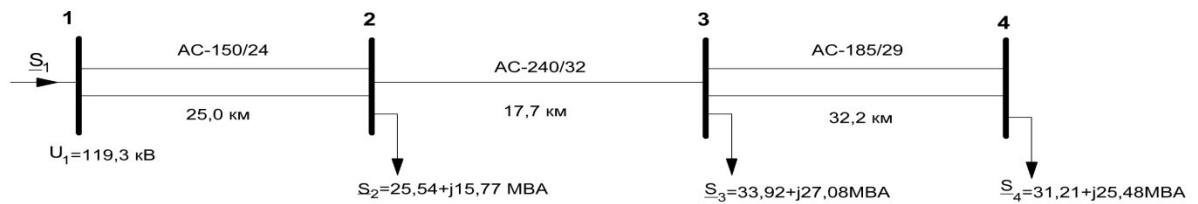
Вариант 1



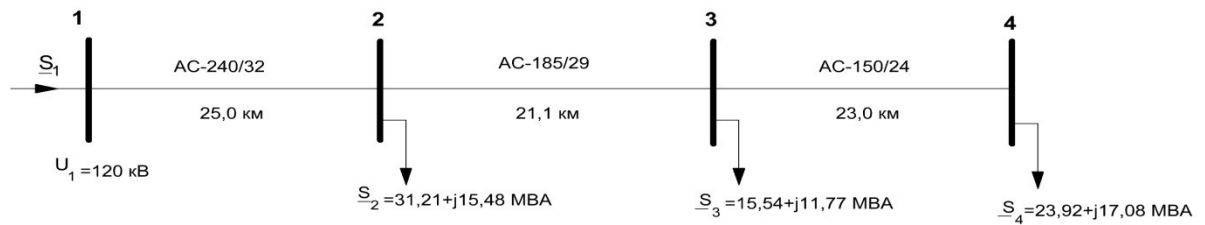
Вариант 2



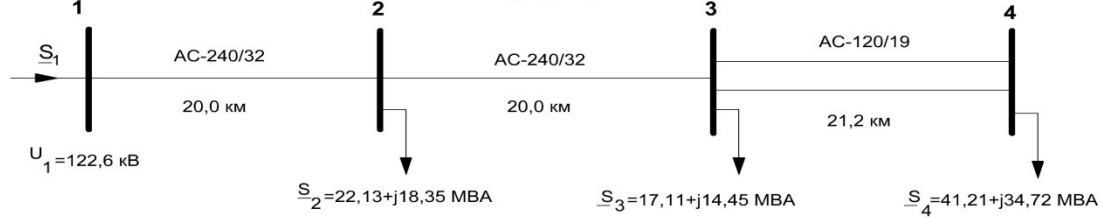
Вариант 3



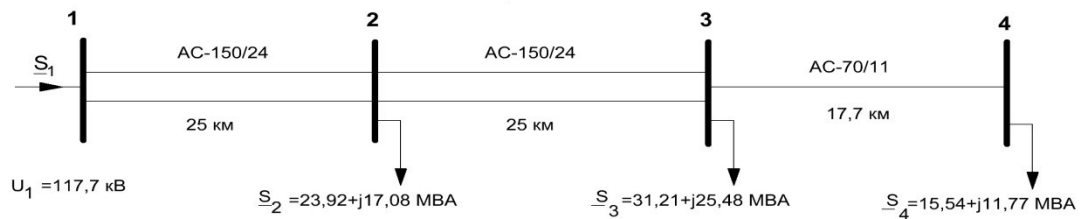
Вариант 4



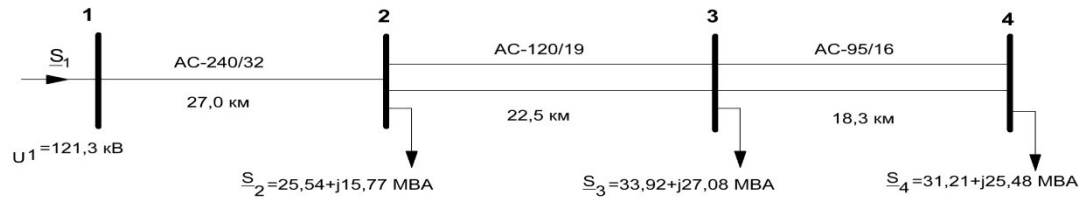
Вариант 5



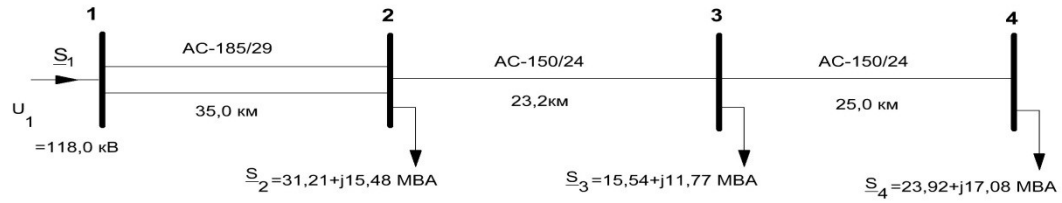
Вариант 6



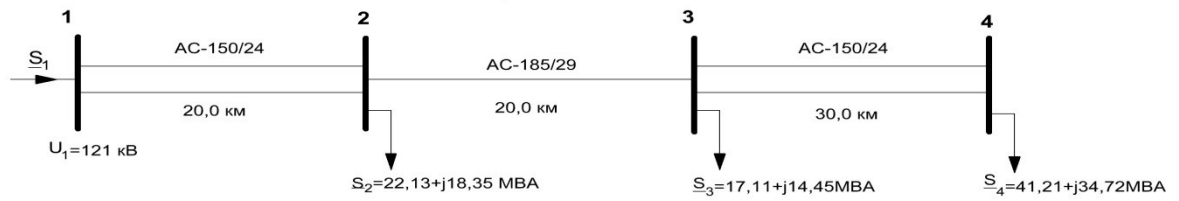
Вариант 7



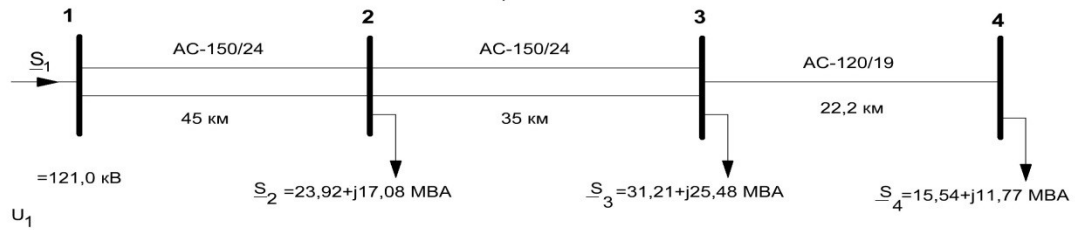
Вариант 8



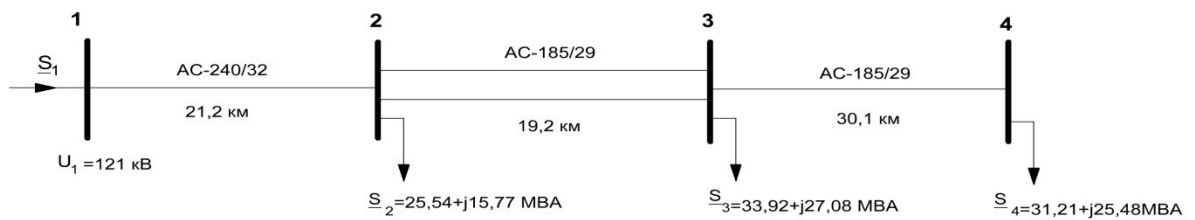
Вариант 9



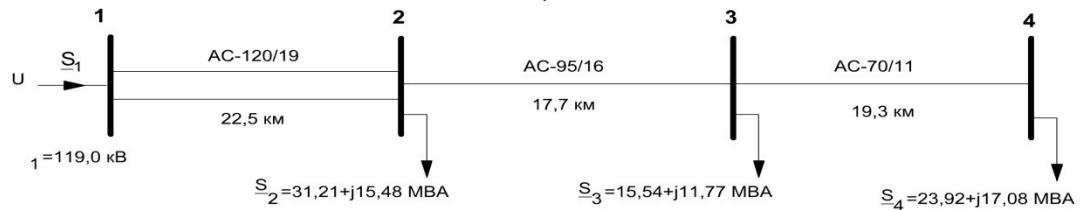
Вариант 10



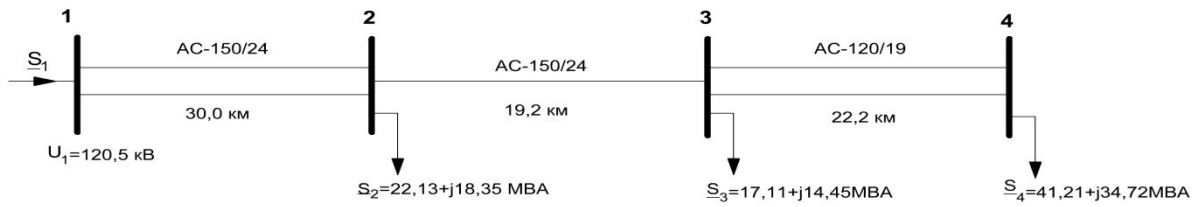
Вариант 11



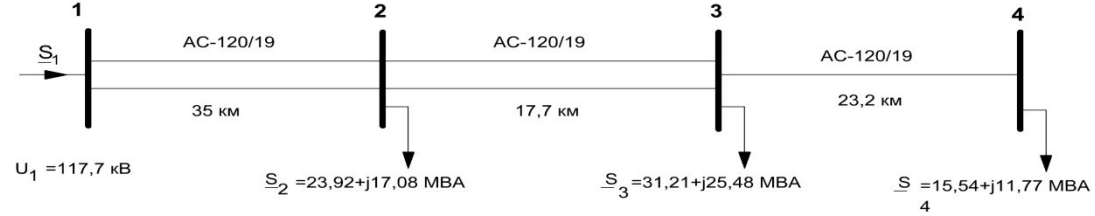
Вариант 12



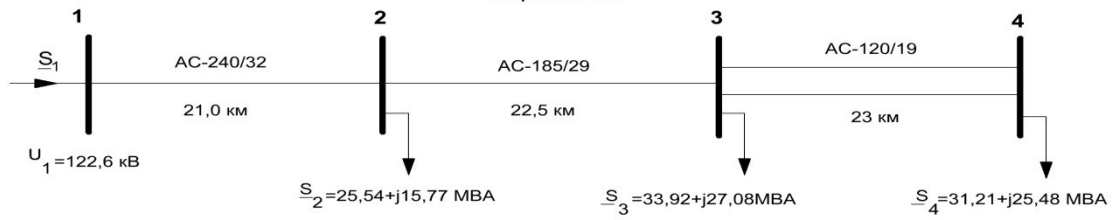
Вариант 13



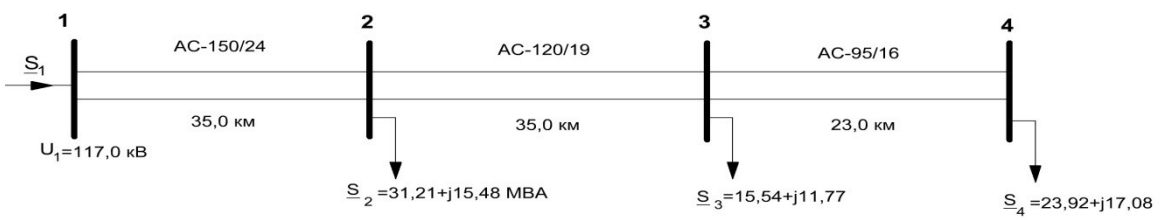
Вариант 14



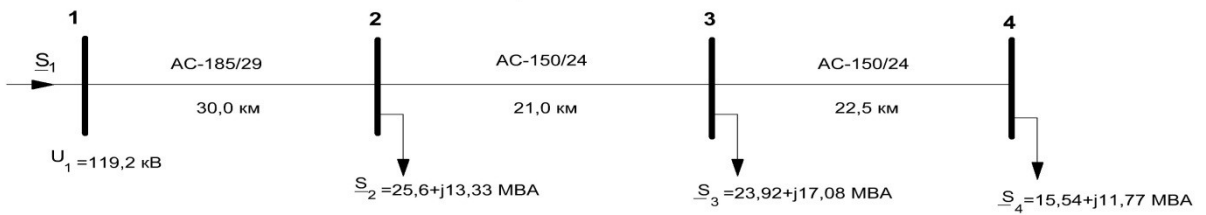
Вариант 15



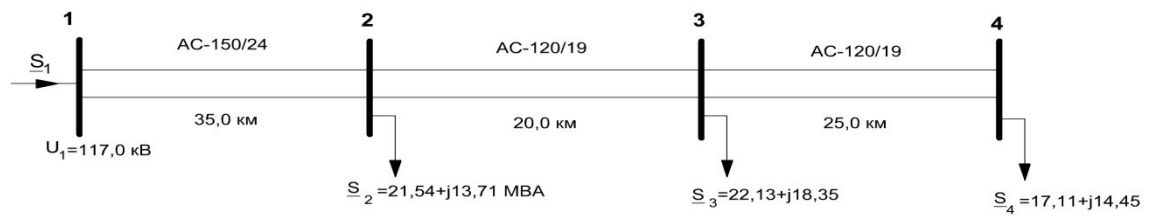
Вариант 16



Вариант 17



Вариант 18



### 1.3 ЗАВДАННЯ 3

#### РОЗРАХУНОК РЕЖИМУ РОЗГАЛУЖЕНОЇ РОЗІМКНЕНОЇ МЕРЕЖІ ДВОХ НОМІНАЛЬНИХ НАПРУГ.

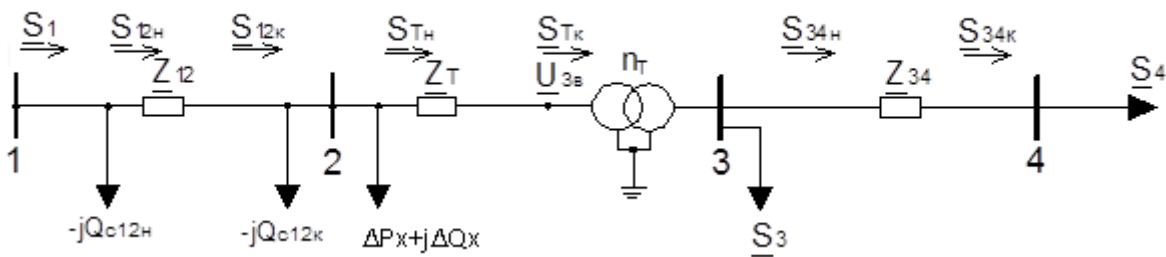
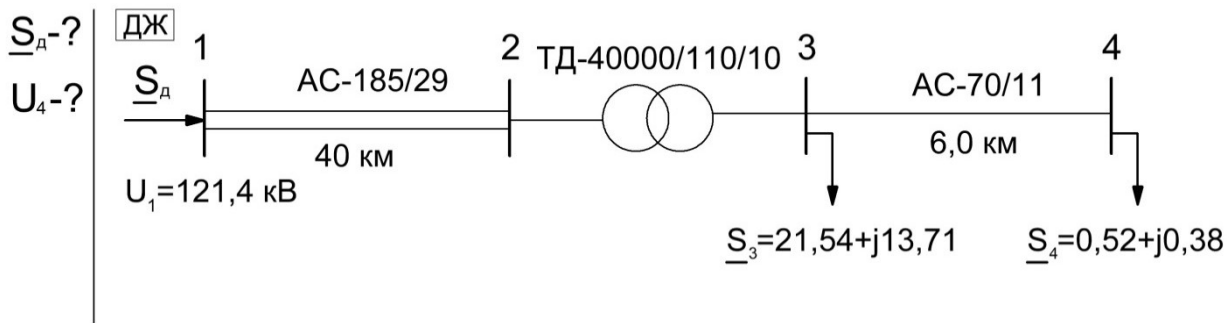


Рисунок 3.1 – Схема заміщення та принципова схеми

Визначимо погонні параметри заданої лінії, схема якої зображена на Рис.3.2:

1) погонний активний опір:

$$\text{Ділянка 1-2: } r_0 = \frac{16,2}{100} = 0,162 \text{ (Ом/км);}$$

$$\text{Ділянка 3-4: } r_0 = \frac{37,6}{100} = 0,376 \text{ (Ом/км);}$$

2) погонний реактивний опір:

$$\text{Ділянка 1-2: } x_0 = \frac{41,3}{100} = 0,413 \text{ (Ом/км);}$$

$$\text{Ділянка 3-4: } x_0 = \frac{42,9}{100} = 0,429 \text{ (Ом/км);}$$

3) погонна реактивна провідність:

$$\text{Ділянка 1-2: } b_0 = \frac{2,75 \cdot 10^{-4}}{100} = 0,0275 \cdot 10^{-4} \text{ (См/км);}$$

За таблицею Д.4. «визначимо параметри трансформатора ТД–40000/110/10, на схемі з Рис.3.2:

- номінальна потужність:  $S_n = 40$  МВА;
- втрати активної потужності короткого замикання:  $\Delta P_{кз} = 160$  кВт;
- втрати активної потужності холостого ходу:  $\Delta P_{хх} = 50$  кВт;
- струм холостого ходу:  $I_{хх} = 0,65$  %;
- номінальні напруги обмоток високої на низької напруг  $U_{ном}^{BH} = 121$  кВ та  $U_{ном}^{HN} = 10,5$  кВ;
- напруга короткого замикання:  $u_{кз} = 10,5$  %;

Задамося початковим наближенням напруг у вузлах 2, 3 та 4.

$$U_2^{(0)} = U'_n = 110 \text{ кВ};$$

$$U_3^{(0)} = U_4^{(0)} = U''_n = 10 \text{ кВ}.$$

Розрахуємо параметри схеми заміщення:

Активний опір:

$$R = r_0 \cdot L, \quad (3.1)$$

де  $r_0$  – погонний активний опір лінії (Ом/км),  $L$  – довжина лінії (км).

$$\text{Ділянка 1-2: } R_{12} = (0,162 \cdot 40) / 2 = 3,24 \text{ (Ом)};$$

$$\text{Ділянка 3-4: } R_{34} = 0,429 \cdot 6 = 2,574 \text{ (Ом)};$$

Реактивний опір:

$$X = x_0 \cdot L, \quad (3.2)$$

де  $x_0$  – погонний реактивний опір лінії (Ом/км),  $L$  – довжина лінії (км).

$$\text{Ділянка 1-2: } X_{12} = (0,413 \cdot 40) / 2 = 8,26 \text{ (Ом)};$$

$$\text{Ділянка 3-4: } X_{34} = (0,376 \cdot 6) = 2,256 \text{ (Ом)};$$

Реактивна провідність:

$$B = b_0 \cdot L, \quad (3.3)$$

де  $b_0$  – погонна реактивна провідність лінії (См/км),  $L$  – довжина лінії (км).

$$\text{Ділянка 1-2: } B_{12} = (0,0275 \cdot 10^{-4} \cdot 40) \cdot 2 = 2,2 \cdot 10^{-4} \text{ (См)};$$

Зарядна потужність на початку та в кінці лінії :

$$Q^n = \frac{B}{2} \cdot U_1^2, \quad (3.4)$$

$$Q^к = \frac{B}{2} \cdot U_n^2, \quad (3.5)$$

де  $B$  – реактивна провідність (См),  $U_1$  та  $U_n$  – напруги на шинах джерела та номінальна відповідно (кВ).

$$\text{Ділянка 1-2: } Q_{c12}^n = \frac{2,2 \cdot 10^{-4}}{2} \cdot 121,4^2 = 1,621 \text{ (Мвар)};$$

$$Q_{c12}^{\kappa} = \frac{2,2 \cdot 10^{-4}}{2} \cdot 110^2 = 1,331 \text{ (Мар)};$$

Розрахуємо активний та реактивний опір трансформатора:

$$R_T = \Delta P_{\kappa 3} \cdot \frac{U_{BH}^2}{S_H^2} \cdot 10^{-3} \quad (3.6)$$

$$X_T = U_{\kappa 3} \cdot \frac{U^2}{S^2} \cdot 10 \quad (3.7)$$

За формулами (3.6) та (3.7) :

$$R_T = 160 \cdot \frac{121^2}{40000^2} \cdot 10^{-3} = 1,464 \text{ (Ом)}$$

$$X_T = 10,5 \cdot \frac{121^2}{40000} \cdot 10 = 3,843 \text{ (Ом)}$$

Коефіцієнт трансформації:

$$K_T = \frac{U_{BH}}{U_{HH}} = \frac{121}{10,5} = 11,524 \text{ (Ом)}$$

Реактивна складова втрати потужності холостого ходу:

$$\Delta Q_{xx} = \frac{I_{xx}}{100} \cdot S_H \quad (3.8)$$

$$\Delta Q_{xx} = \frac{0,65}{100} \cdot 40000 = 260 \text{ (кВар)}$$

Розрахунок режиму будемо проводити у два етапи

Етап 1: «Розрахунок потокорозділу на ділянках лінії»

Розрахунок на цьому етапі будемо проводити рухаючись від кінця лінії до її початку.

Втрати потужності:

$$\Delta S = \frac{P^2 + Q^2}{(U_H'')^2} (R + jX) = \frac{P^2 + Q^2}{(U_H'')^2} R + j \frac{P^2 + Q^2}{(U_H'')^2} X \quad (3.9)$$

Втрати потужності на ділянці 3-4:

$$\begin{aligned} \Delta S_{34} &= \frac{0,52^2 + 0,38^2}{10^2} (2,574 + j2,256) = \frac{0,52^2 + 0,38^2}{10^2} 2,574 + j \frac{0,52^2 + 0,38^2}{10^2} 2,256 = \\ &= 0,011 + j0,009 \text{ (MBA)} \end{aligned}$$

Потужність на кінці ділянки 3-4:

$$S_{34}^{\kappa} = S_4 = 0,52 + j0,38 \text{ (MBA)}$$

Потужність на початку ділянки 3-4:

$$S^n = S + \Delta S \quad (3.10)$$
$$S_{34}^n = 0,52 + j0,38 + 0,011 + j0,099 = 0,531 + j0,389 \text{ (MBA)}$$

Потужність на кінці трансформатора:

$$S^{\kappa} = S^n + S \quad (3.11)$$

$$S_{mp}^{\kappa} = 0,531 + j0,389 + 21,54 + j13,71 = 22,071 + j14,099$$

Отже, значення потужності трансформатора становить:

$$S_{mp} = \sqrt{22,071^2 + 14,099^2} = 26,189 \text{ (MBA)}$$

Втрати потужності опорів трансформатора:

$$\Delta P_{mp} = \Delta P_{\kappa\epsilon} \cdot \frac{S^2}{S_n^2} \quad (3.12)$$

$$\Delta Q_{mp} = \frac{u_{\kappa\epsilon}}{100} \cdot \frac{(S^{\kappa})^2}{S_n^2} \quad (3.13)$$

Використовуючи формули (3.12) та (3.13) розрахуємо :

$$\Delta P_{mp} = 160 \cdot \frac{26,189^2}{400000^2} \cdot 10^{-3} = 0,069 \text{ (МВт)}$$

$$\Delta Q_{mp} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{26,189^2}{40} = 1,8 \text{ (Мвар)}$$

Потужність на початку трансформатора:

$$S_{mp}^n = S_{mp}^{\kappa} + j\Delta Q_{mp} + \Delta P_{mp} = 22,071 + j14,099 + j1,8 + 0,069 = 22,14 + j15,899 \text{ (MBA)}$$

Потужність на кінці ділянки 1-2:

$$S_{12}^{\kappa} = S_{mp}^n + \Delta P_{xx} + jQ_{xx} - jQ_{c12} = 22,14 + j15,899 + 0,050 + j0,26 - j1,331 =$$
$$= 22,19 + j14,828 \text{ (MBA)}$$

Втрати потужності на ділянці 1-2 за формулою (3.9):

$$\Delta S_{12} = \frac{22,19^2 + 14,828^2}{110^2} \cdot 3,24 + j \frac{22,19^2 + 14,828^2}{110^2} \cdot 8,26 = 0,191 + j0,486 \text{ (MBA)}$$

Потужність на початку ділянки 1-2 за формулою(3.10):

$$S_{12}^n = 22,19 + j14,828 + 0,191 + j0,486 = 22,381 + j15,314 \text{ (MBA)}$$

Визначимо потужність джерела за формулою:

$$S_{дж} = S_{12}^n - jQ_{c12}^n = 226381 + j15,314 - j1,621 = 22,381 + j13,693 \text{ (MVA)}$$

На цьому перший етап закінчується.

## Етап 2: «Визначення напруг у вузлах мережі»

Розрахунок на цьому етапі будемо проводити рухаючись з початку лінії до її кінця.

Розрахуємо напругу та падіння напруги на ділянках за формулами :

$$U_i = U_{i-1} - \Delta U \quad (3.14)$$

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U} \quad (3.15)$$

Напруга та падіння напруги на ділянці (1-2):

$$U_2 = 121,4 - 1,641 = 119,756 \text{ (кВ)}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{22,381 \cdot 3,24 + 15,314 \cdot 8,26}{121,4} = 1,641 \text{ (кВ)}$$

Падіння напруги на трансформаторі за формулою (3.15):

$$\Delta U_{mp} = \frac{22,14 \cdot 1,464 + 15,899 \cdot 3,843}{119,756} = 0,781 \text{ (кВ)}$$

Визначимо напругу у вузлі 3 приведену до номінальних напруги обмотки високої напруги трансформатора

$$U'_3 = U_2 - \Delta U_{23} = 119,756 - 0,781 = 118,975 \text{ (кВ)}$$

$$U_3 = \frac{U'_3}{K_T} = \frac{118,975}{11,524} = 10,324 \text{ (кВ)}$$

Напруга та падіння напруги на ділянці (3-4) :

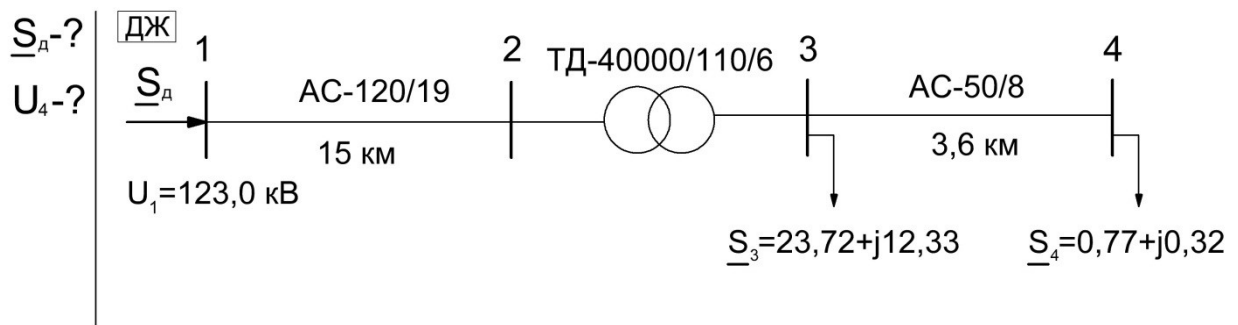
$$U_4 = 10,324 - 0,213 = 10,111 \text{ (кВ)}$$

$$\Delta U_{34} = \frac{0,531 \cdot 2,256 + 0,389 \cdot 2,574}{10,324} = 0,213 \text{ (кВ)}$$

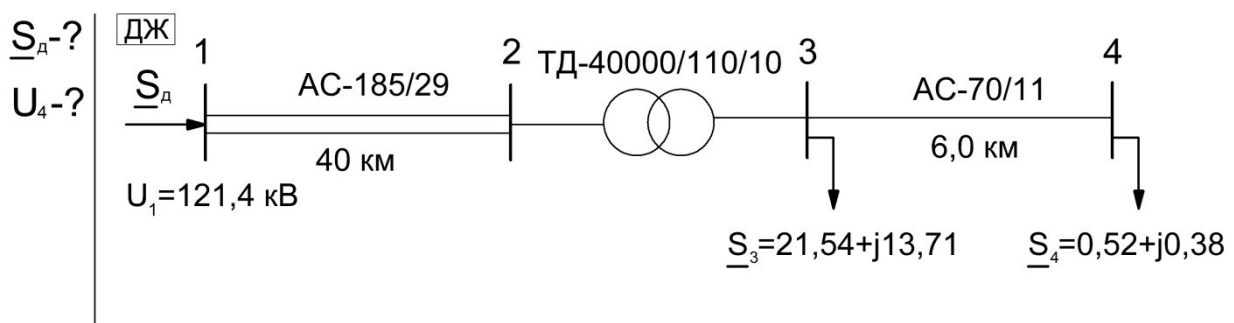


## ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ

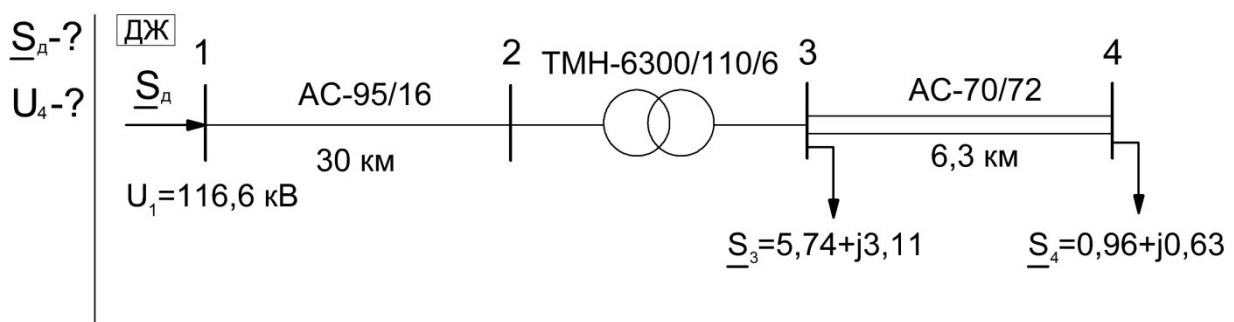
### Вариант Т-1



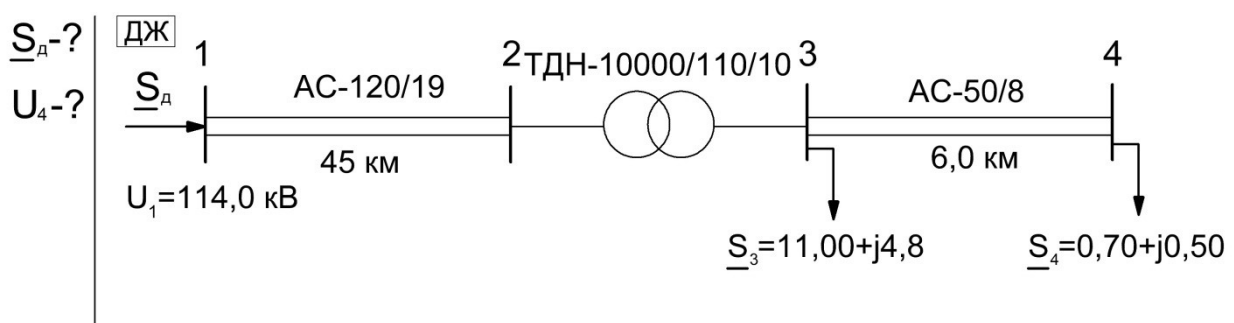
### Вариант Т-2



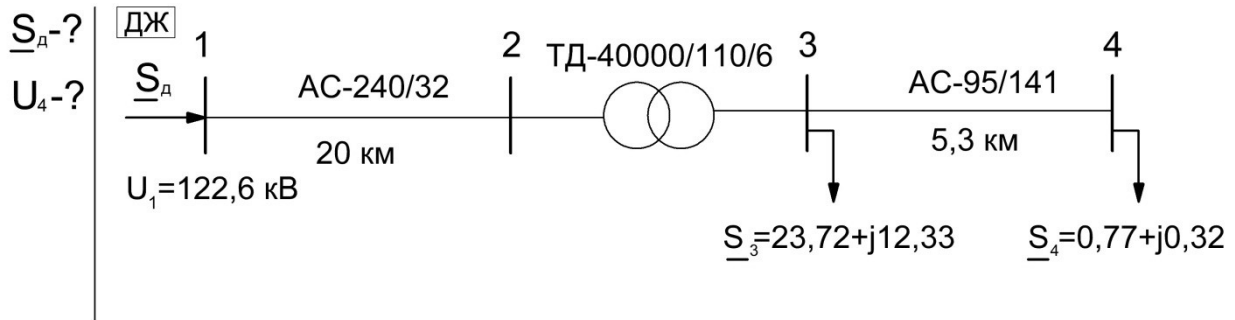
### Вариант Т-3



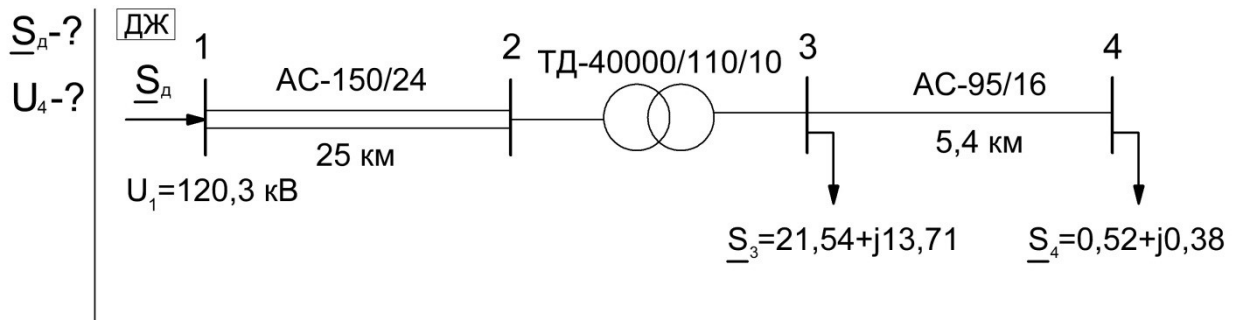
### Вариант Т-4



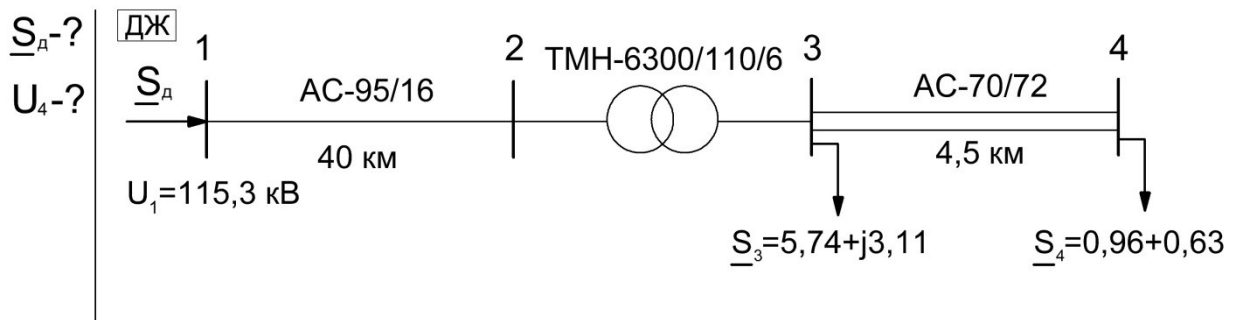
### Вариант Т-5



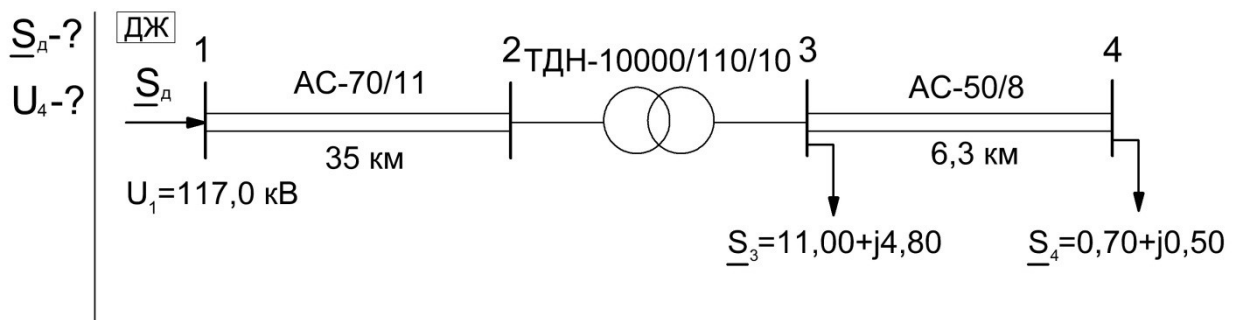
### Вариант Т-6



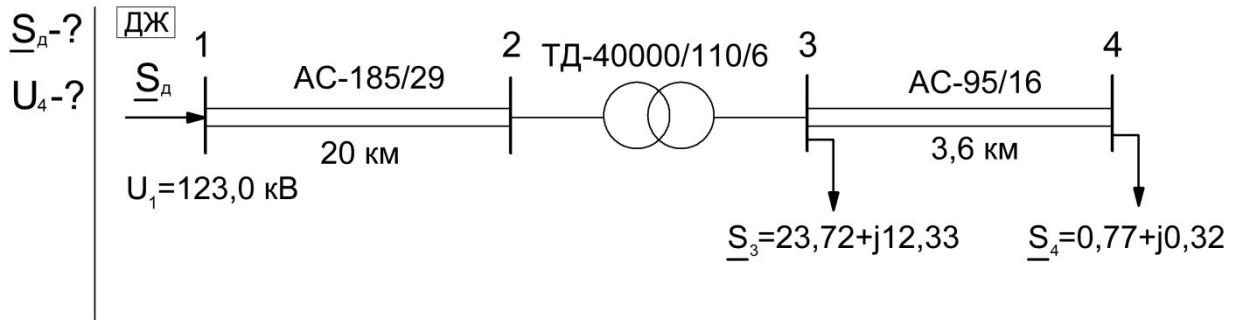
### Вариант Т-7



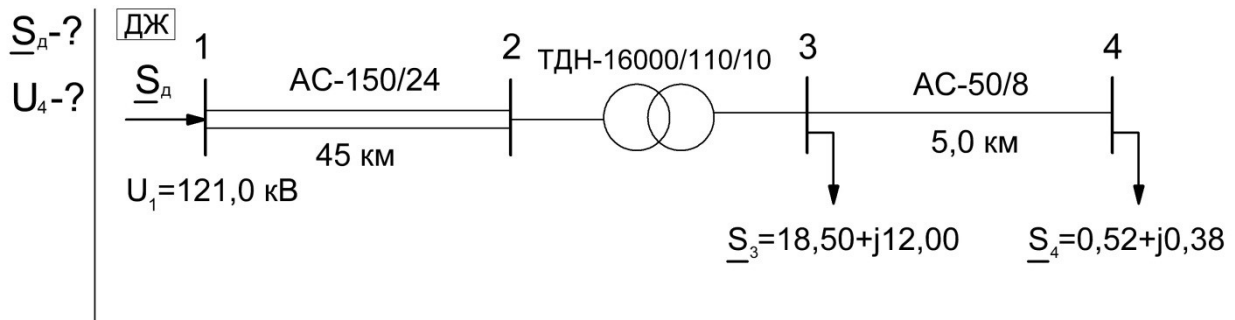
### Вариант Т-8



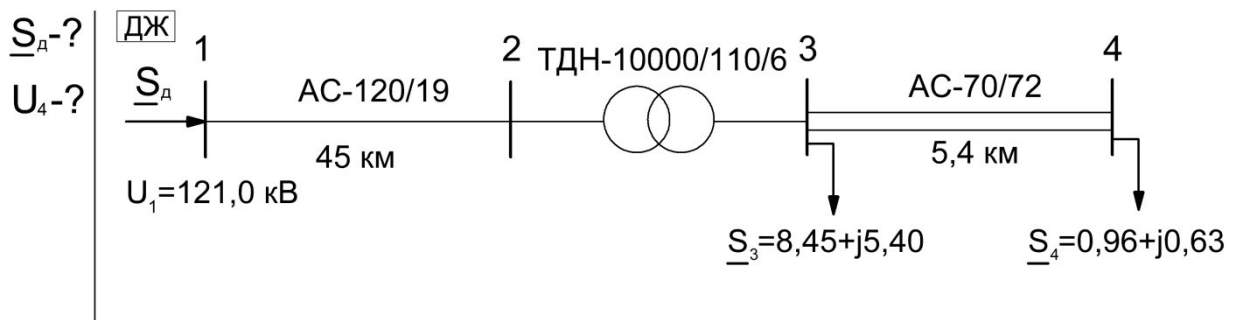
### Вариант Т-9



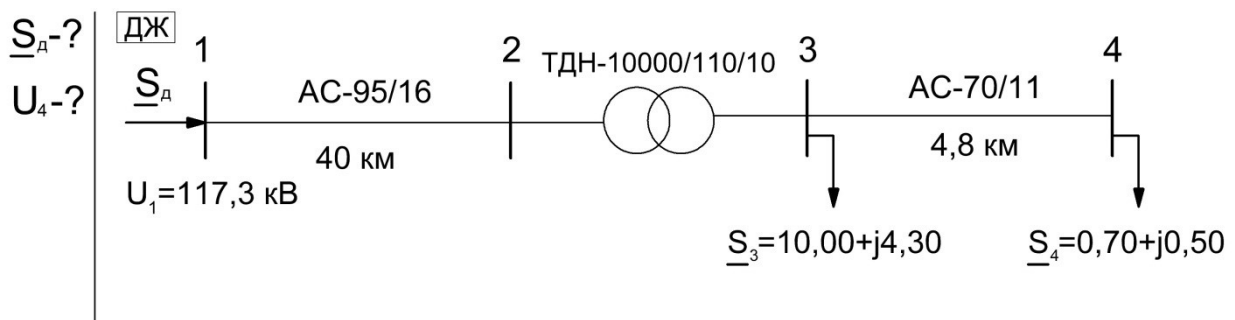
### Вариант Т-10



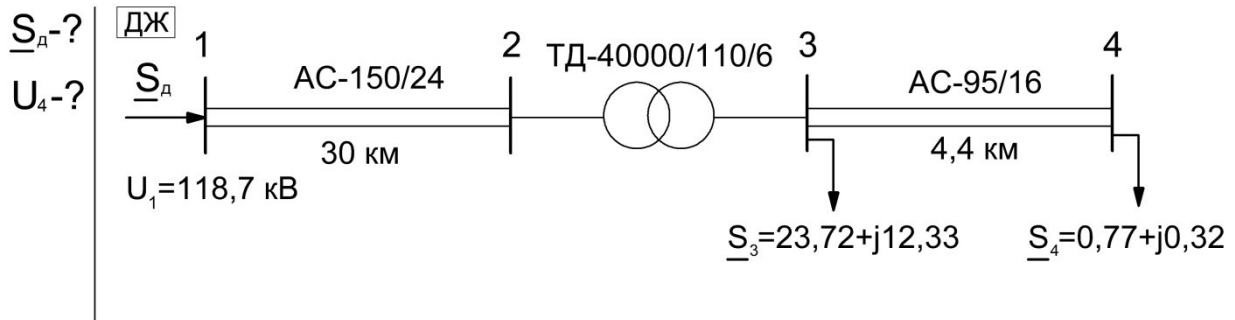
### Вариант Т-11



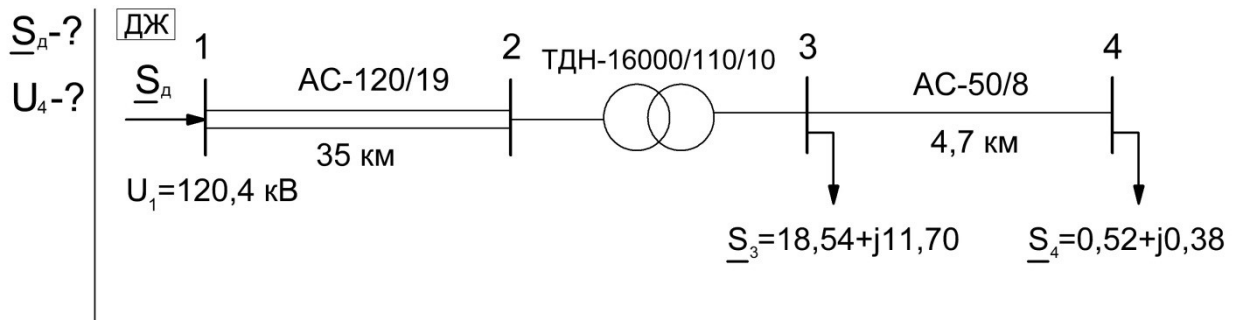
### Вариант Т-12



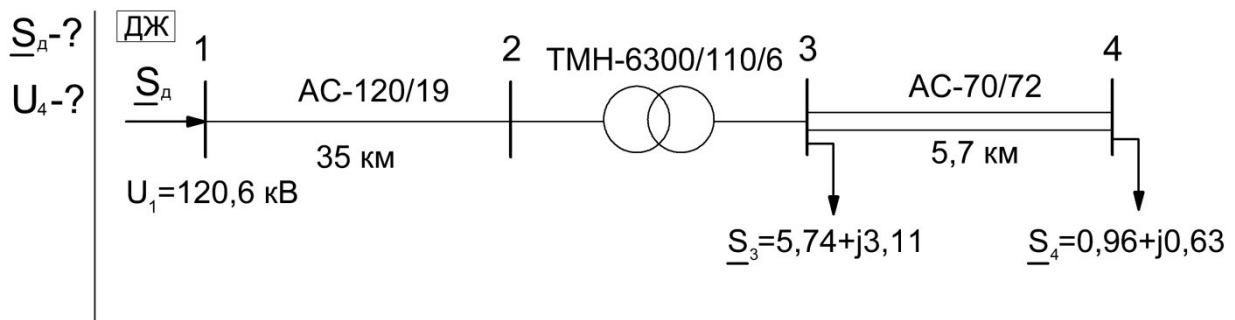
### Вариант Т-13



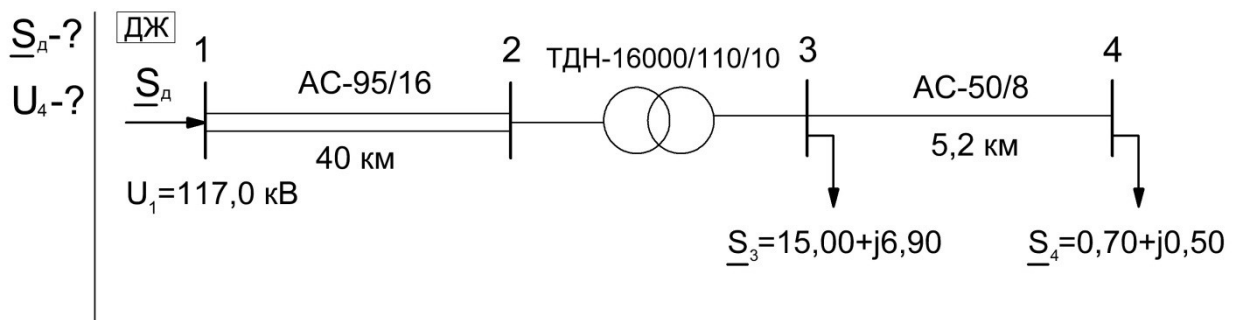
### Вариант Т-14



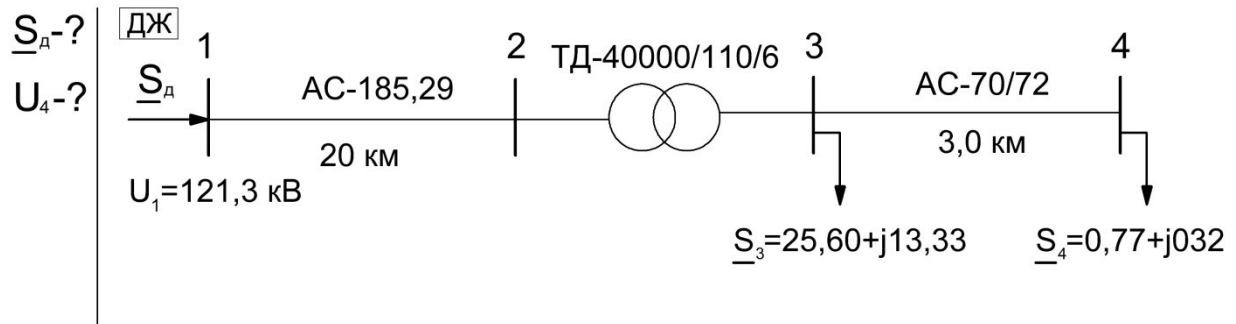
### Вариант Т-15



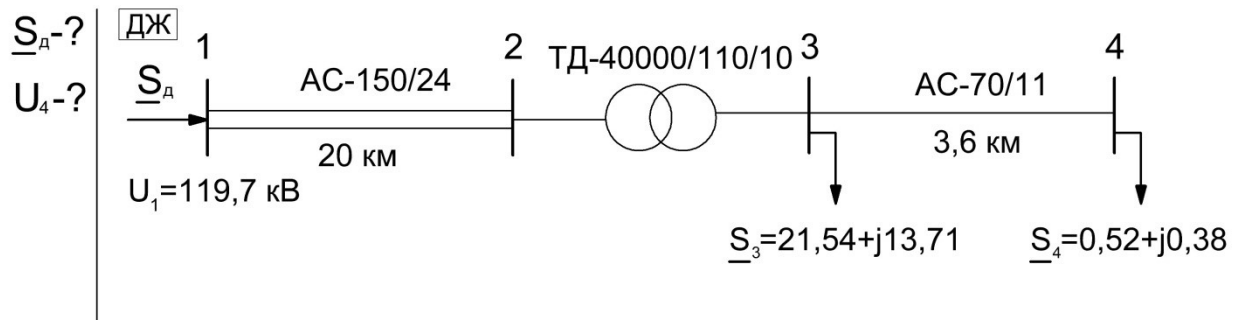
### Вариант Т-16



### Вариант Т-17



### Вариант Т-18



## 1.4 ЗАВДАННЯ 4

### РОЗРАХУНОК РЕЖИМУ ЗАМКНУТОЇ МЕРЕЖІ З ОДНОГО КОНТУРУ ОДНІЄЇ НОМІНАЛЬНОЇ НАПРУГИ

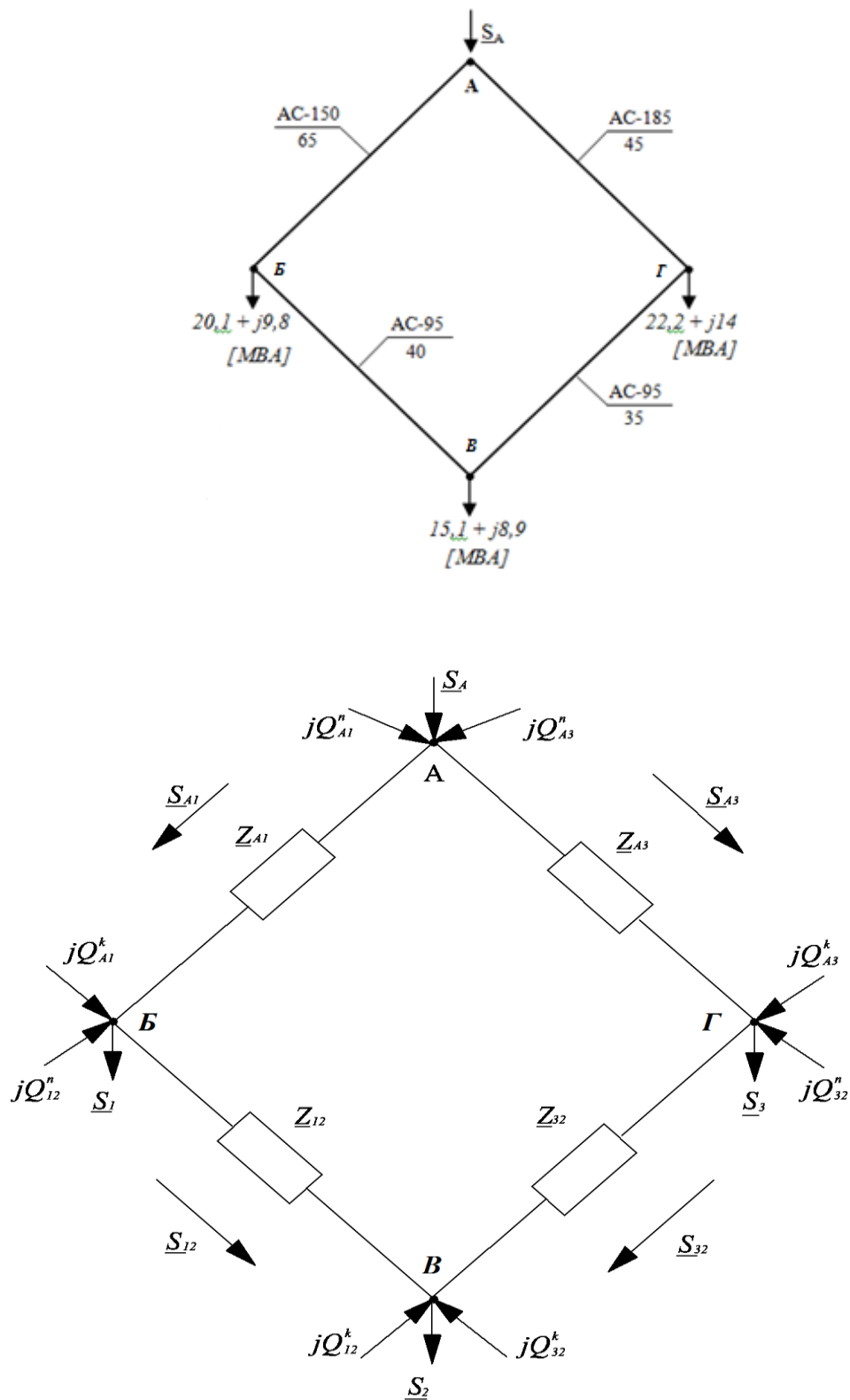


Рисунок 4.1 – Схема заміщення та принципова схеми

Визначимо погонні параметри заданої лінії, схема якої зображена на Рис.4.2:

1) погонний активний опір:

$$\text{Ділянка А-Б: } r_0 = \frac{19,8}{100} = 0,198 \text{ (Ом/км);}$$

$$\text{Ділянка Б-В: } r_0 = \frac{30,6}{100} = 0,306 \text{ (Ом/км);}$$

$$\text{Ділянка В-Г: } r_0 = \frac{30,6}{100} = 0,306 \text{ (Ом/км);}$$

$$\text{Ділянка Г-А: } r_0 = \frac{16,2}{100} = 0,162 \text{ (Ом/км);}$$

2) погонний реактивний опір:

$$\text{Ділянка А-Б: } x_0 = \frac{42}{100} = 0,42 \text{ (Ом/км);}$$

$$\text{Ділянка Б-В: } x_0 = \frac{43,4}{100} = 0,434 \text{ (Ом/км);}$$

$$\text{Ділянка В-Г: } x_0 = \frac{43,4}{100} = 0,434 \text{ (Ом/км);}$$

$$\text{Ділянка Г-А: } x_0 = \frac{41,3}{100} = 0,413 \text{ (Ом/км);}$$

3) погонна реактивна провідність:

$$\text{Ділянка А-Б: } b_0 = \frac{2,70 \cdot 10^4}{100} = 0,027 \cdot 10^{-4} \text{ (См/км);}$$

$$\text{Ділянка Б-В: } b_0 = \frac{2,61 \cdot 10^4}{100} = 0,0261 \cdot 10^{-4} \text{ (См/км);}$$

$$\text{Ділянка В-Г: } b_0 = \frac{2,61 \cdot 10^4}{100} = 0,0261 \cdot 10^{-4} \text{ (См/км);}$$

$$\text{Ділянка Г-А: } b_0 = \frac{2,75 \cdot 10^4}{100} = 0,0275 \cdot 10^{-4} \text{ (См/км);}$$

Приймаємо, що  $U_1 = U_2 = U_3 = U_n = 110 \text{ кВ};$

Розрахуємо параметри схеми заміщення:

Активний опір:

$$R = r_0 \cdot L, \quad (4.1)$$

де  $r_0$  – погонний активний опір лінії (Ом/км),  $L$  – довжина лінії (км).

$$\text{Ділянка А-Б: } R_{AB} = 0,198 \cdot 65 = 12,87 \text{ (Ом);}$$

$$\text{Ділянка Б-В: } R_{BB} = 0,306 \cdot 40 = 12,24 \text{ (Ом);}$$

$$\text{Ділянка В-Г: } R_{BG} = 0,306 \cdot 35 = 10,71 \text{ (Ом);}$$

$$\text{Ділянка Г-А: } R_{GA} = 0,162 \cdot 45 = 7,29 \text{ (Ом);}$$

Реактивний опір:

$$X = x_0 \cdot L, \quad (4.2)$$

де  $x_0$  – погонний реактивний опір лінії (Ом/км),  $L$  – довжина лінії (км).

$$\text{Ділянка А-Б: } X_{AB} = 0,42 \cdot 65 = 27,3 \text{ (Ом);}$$

$$\text{Ділянка Б-В: } X_{BB} = 0,434 \cdot 40 = 17,36 \text{ (Ом);}$$

$$\text{Ділянка В-Г: } X_{BG} = 0,434 \cdot 35 = 15,19 \text{ (Ом);}$$

$$\text{Ділянка Г-А: } X_{GA} = 0,413 \cdot 45 = 18,585 \text{ (Ом);}$$

Реактивна провідність:

$$B = x_0 \cdot L, \quad (4.3)$$

де  $b_0$  – погонна реактивна провідність лінії (См/км),  $L$  – довжина лінії (км).

$$\text{Ділянка А-Б: } B_{AB} = 0,027 \cdot 10^{-4} \cdot 65 \cdot 2 = 1,76 \cdot 10^{-4} \text{ (См);}$$

$$\text{Ділянка Б-В: } B_{BB} = 0,0261 \cdot 10^{-4} \cdot 40 = 1,044 \cdot 10^{-4} \text{ (См);}$$

$$\text{Ділянка В-Г: } B_{AB} = 0,027 \cdot 10^{-4} \cdot 65 \cdot 2 = 1,76 \cdot 10^{-4} \text{ (См);}$$

$$\text{Ділянка Г-А: } B_{AB} = 0,027 \cdot 10^{-4} \cdot 65 \cdot 2 = 1,76 \cdot 10^{-4} \text{ (См);}$$

Запишемо опори у вигляді:

$$Z_{AB} = 12,87 + j27,3 \text{ (Ом);}$$

$$Z_{BB} = 12,24 + j17,36 \text{ (Ом);}$$

$$Z_{BG} = 10,71 + j15,19 \text{ (Ом);}$$

$$Z_{GA} = 7,29 + j18,585 \text{ (Ом);}$$

Зарядна потужність на початку та в кінці лінії розраховується за наступними формулами:

$$Q^n = \frac{B}{2} \cdot U_1^2, \quad (4.4)$$

$$Q^k = \frac{B}{2} \cdot U_n^2, \quad (4.5)$$

де  $B$  – реактивна провідність (См),  $U_1$  та  $U_n$  – напруги на шинах джерела та номінальна відповідно (кВ).

$$\text{Ділянка А-Б: } Q_{cAB}^n = \frac{1,76 \cdot 10^{-4}}{2} \cdot 122^2 = 1,310 \text{ (Мвар);}$$

$$Q_{cAB}^k = \frac{1,76 \cdot 10^{-4}}{2} \cdot 110^2 = 1,065 \text{ (Мар);}$$

$$\text{Ділянка Б-В: } Q_{cBB}^n = Q_{cBB}^k = \frac{1,044 \cdot 10^{-4}}{2} \cdot 110^2 = 0,632 \text{ (Мвар);}$$

$$\text{Ділянка В-Г: } Q_{cBG}^n = Q_{cBG}^k = \frac{0,914 \cdot 10^{-4}}{2} \cdot 110^2 = 0,553 \text{ (Мвар);}$$



$$\text{Ділянка Г-А: } Q_{c\Gamma A}^k = \frac{1,238 \cdot 10^{-4}}{2} \cdot 110^2 = 0,749 \text{ (Мвар)};$$

$$Q_{c\Gamma A}^n = \frac{1,238 \cdot 10^{-4}}{2} \cdot 122^2 = 0,921 \text{ (Мвар)};$$

Розрахуємо приведену потужність у вузлах Б, В, та Г з урахуванням «зарядних» потужностей за наступними формулами:

$$\underline{S}_B = \underline{S}_B - jQ_{cAB}^k - jQ_{cBB}^n = 20,1 + j9,8 - j1,065 - j0,632 = 20,1 - j8,103 \text{ (МВА)}$$

$$\underline{S}_B = \underline{S}_B - jQ_{cBB}^k - jQ_{cB\Gamma}^n = 15,1 + j8,9 - j0,632 - j0,553 = 15,1 + j7,715 \text{ (МВА)}$$

$$\underline{S}_\Gamma = \underline{S}_\Gamma - jQ_{cB\Gamma}^k - jQ_{cA\Gamma}^k = 22,2 + j14 - j0,553 - j0,74 = 22,2 + j12,698 \text{ (МВА)}$$

Вирахуємо приведену потужність з урахуванням «зарядних» потужностей в лінії АБ за формулою:

$$\underline{S}_{AB} = \frac{\sum S_i \cdot Z^*}{\sum Z^*} = \frac{\underline{S}_\Gamma \cdot \underline{Z}_{A\Gamma}^* + \underline{S}_B \cdot (\underline{Z}_{A\Gamma} + \underline{Z}_{B\Gamma})^* + \underline{S}_B \cdot (\underline{Z}_{A\Gamma} + \underline{Z}_{B\Gamma} + \underline{Z}_{BB})^*}{\underline{Z}_\Sigma^*} \quad (4.6)$$

Окремо розрахуємо сумарний опір:

$$Z_\Sigma = Z_{AB} + Z_{BB} + Z_{B\Gamma} + Z_{\Gamma A} = 12,87 + j27,3 + 12,24 + j17,36 + 10,71 + j15,19 + 7,29 + j18,585 = 43,11 + j78,44 \text{ (Ом)}$$

Тепер вирахуємо сумарний спряжений опір:

$$Z_\Sigma^* = 43,11 - j78,44 \text{ (Ом)}$$

Підставивши всі значення у формулу (4.6) отримаємо наступне значення потужності:

$$\underline{S}_{AB} = \frac{((22,2 + j12,658) \cdot (7,29 - j18,585) + (15,1 + j7,715) \cdot (18 - j33,775))}{43,11 - j78,44} + \frac{(20,1 - j8,103) \cdot (30,24 - j51,14)}{43,11 - j78,44} = \frac{1123,667 - j1964,08}{43,11 - j78,44} = 25,28 + j0,43 \text{ (МВА)}$$

Розрахуємо значення потужностей на лініях:

$$\underline{S}_{BB} = \underline{S}_{AB} - \underline{S}_B = 25,28 + j0,43 - 20,1 + j8,103 = 5,18 + j8,53 \text{ (МВА)}$$

$$\underline{S}_{B\Gamma} = \underline{S}_B - \underline{S}_{BB} = 15,1 + j7,715 - 5,18 + j8,53 = 9,92 - j0,82 \text{ (МВА)}$$

$$\underline{S}_{\Gamma A} = \underline{S}_{B\Gamma} + \underline{S}_\Gamma = 9,92 - j0,82 + 22,2 + j12,698 = 32,12 + j11,88 \text{ (МВА)}$$

Втрати потужності розраховуватимемо за наступною формулою:

$$\Delta \underline{S} = \frac{P^2 + Q^2}{U_n^2} \quad (4.7)$$

Підставивши значення у формулу (4.7) розрахуємо втрати потужності на ділянці БВ:

$$\begin{aligned} \Delta \underline{S}_{BB} &= \frac{5,18^2 + 8,53^2}{110^2} \cdot (12,24 + j17,36) = \frac{5,18^2 + 8,53^2}{110^2} \cdot 12,24 + j \frac{5,18^2 + 8,53^2}{110^2} \cdot 17,36 = \\ &= 0,101 + j0,143(MVA) \end{aligned}$$

Розрахуємо значення потужності на початку лінії БВ:

$$\underline{S}_{BB}^n = \underline{S}_{BB} + \Delta \underline{S}_{BB} = 5,18 + j8,53 + 0,101 + j0,143 = 5,28 + j8,67 \text{ (MVA)}$$

Розрахуємо значення на кінці лінії АБ наступним чином:

$$\underline{S}_{AB}^K = \underline{S}_{BB}^n + \underline{S}_B = 5,28 + j8,67 + 20,1 - j8,103 = 25,38 + j0,57(MVA)$$

Підставивши значення у формулу (4.7) розрахуємо втрати потужності на ділянці АБ:

$$\begin{aligned} \Delta \underline{S}_{AB} &= \frac{25,38^2 + 0,57^2}{110^2} \cdot (12,87 + j27,3) = \frac{25,38^2 + 0,57^2}{110^2} \cdot 12,87 + \\ &+ j \frac{25,38^2 + 0,57^2}{110^2} \cdot 27,3 = 0,69 + j1,45(MVA) \end{aligned}$$

Розрахуємо значення потужності на початку лінії АБ:

$$\underline{S}_{AB}^n = \underline{S}_{AB}^K + \Delta \underline{S}_{AB} = 25,38 + j0,57 + 0,69 + j1,45 = 26,07 + j2,02(MVA)$$

Підставивши значення у формулу (4.7) розрахуємо втрати потужності на ділянці ГВ:

$$\begin{aligned} \Delta \underline{S}_{GB} &= \frac{9,92^2 + 0,82^2}{110^2} \cdot (10,71 + j15,19) = \frac{9,92^2 + 0,82^2}{110^2} \cdot 10,71 + j \frac{9,92^2 + 0,82^2}{110^2} \cdot 15,19 = \\ &= 0,088 + j0,124(MVA) \end{aligned}$$

Розрахуємо значення потужності на початку лінії ГВ:

$$\underline{S}_{GB}^n = 9,92 + j0,82 + 0,088 + j0,124 = 10,008 + j0,944(MVA)$$

Розрахуємо значення на кінці лінії ГА наступним чином:

$$\underline{S}_{GA}^K = \underline{S}_{GB}^n + \underline{S}_G = 10,008 + j0,944 + 22,2 + j12,698 = 32,21 + j13,64(MVA)$$

Підставивши значення у формулу (4.7) розрахуємо втрати потужності на ділянці ГА:

$$\begin{aligned}\Delta S_{GA} &= \frac{32,21^2 + 13,64^2}{110^2} \cdot (7,29 + j18,585) = \frac{32,21^2 + 13,64^2}{110^2} \cdot 7,29 + \\ &+ j \frac{32,21^2 + 13,64^2}{110^2} \cdot 18,585 = 0,74 + j1,88(MVA)\end{aligned}$$

Розрахуємо значення потужності на початку лінії ГА:

$$\underline{S}_{GA}^n = 32,21 + j13,64 + 0,74 + j1,88 = 32,95 + j15,52$$

Значення потужності у вузлі А розраховується наступним чином:

$$\begin{aligned}\underline{S}_A &= \underline{S}_{AB}^n + \underline{S}_{AG}^n - jQ_{AB}^n - jQ_{AG}^n = 26,07 + j2,02 + 32,95 + j15,52 - j1,310 - j0,921 = \\ &= 59,02 + j15,309(MVA)\end{aligned}$$

Напруга та втрати напруги розраховуються за формулою:

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U} \quad (4.8)$$

$$U_i = U_{i-1} - \Delta U \quad (4.9)$$

Відповідно до формул (4.8) та (4.9) розрахуємо наступні значення напруг:

$$\Delta U_{AB} = \frac{26,07 \cdot 12,87 + 2,02 \cdot 27,3}{122} = \frac{335,52 + 55,15}{122} = 3,20(\kappa B)$$

$$U_B = U_A - \Delta U_{AB} = 122 - 3,20 = 118,8(\kappa B)$$

$$\Delta U_{BB} = \frac{5,28 \cdot 12,24 + 8,67 \cdot 17,36}{118,8} = \frac{64,63 + 150,51}{118,8} = 1,81(\kappa B)$$

$$U_B = U_B - \Delta U_{BB} = 118,8 - 1,81 = 116,99(\kappa B)$$

$$\Delta U_{GA} = \frac{32,21 \cdot 7,29 + 13,68 \cdot 18,585}{112} = \frac{234,81 + 254,24}{112} = 4,37(\kappa B)$$

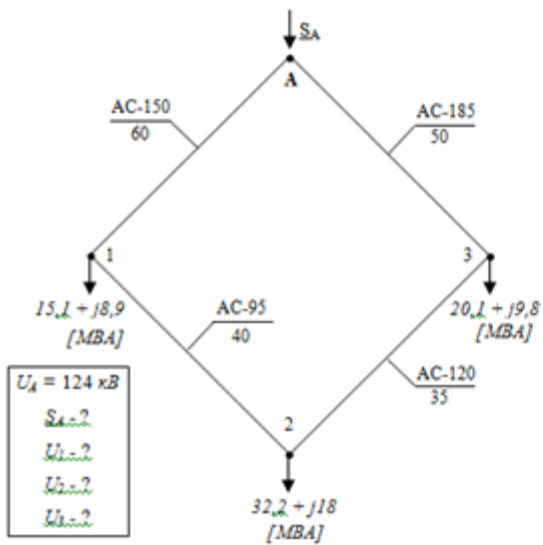
$$U_G = U_A - \Delta U_{AG} = 122 - 4,37 = 117,63(\kappa B)$$

$$\Delta U_{BG} = \frac{10,008 \cdot 10,71 + 0,944 \cdot 15,19}{117,63} = \frac{107,19 + 14,34}{117,63} = 1,033(\kappa B)$$

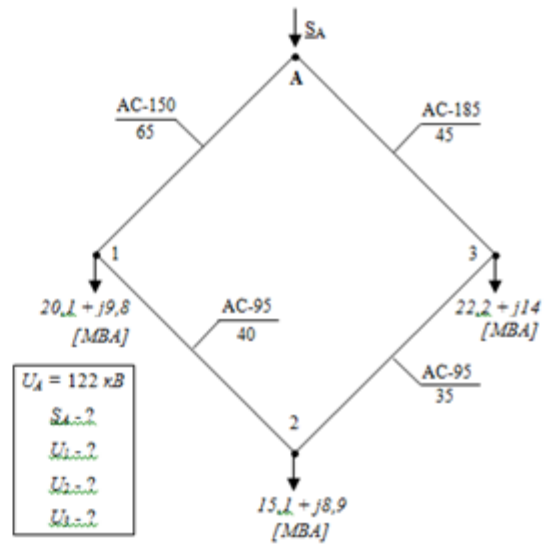
$$U_B = U_G - \Delta U_{GB} = 117,63 - 1,033 = 116,597(\kappa B)$$

# ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ

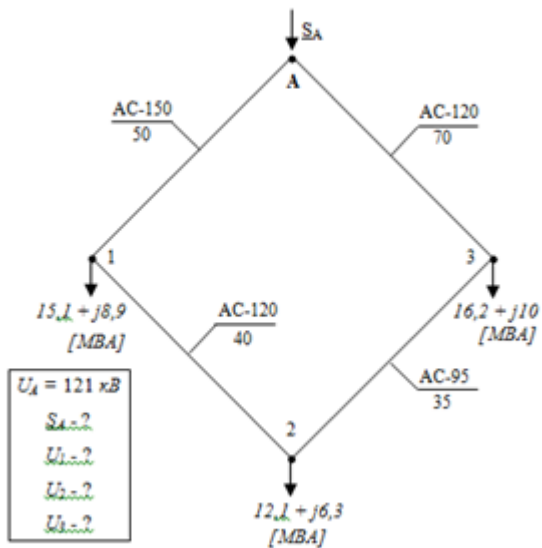
Варіант К-1



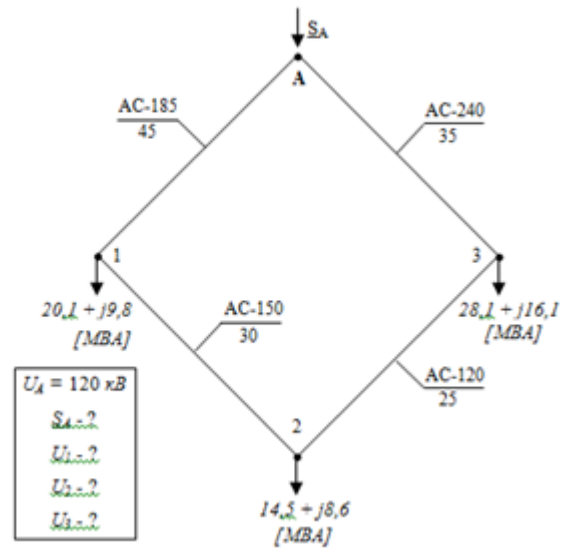
Варіант К-2



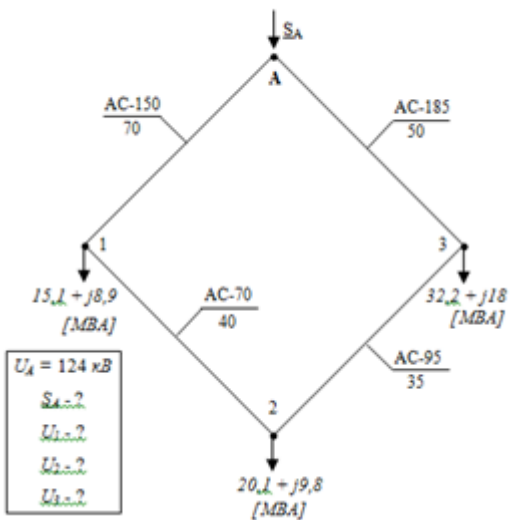
Варіант К-3



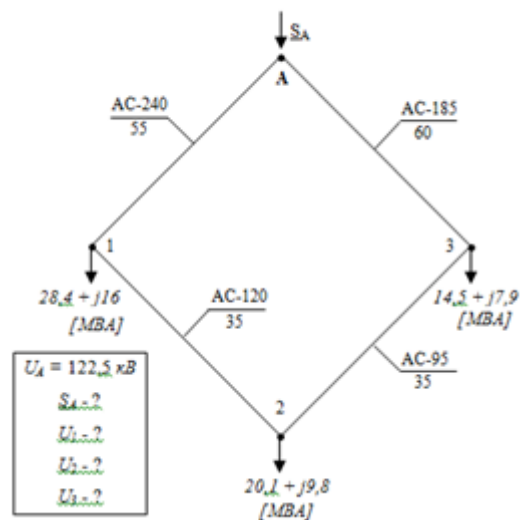
Варіант К-4



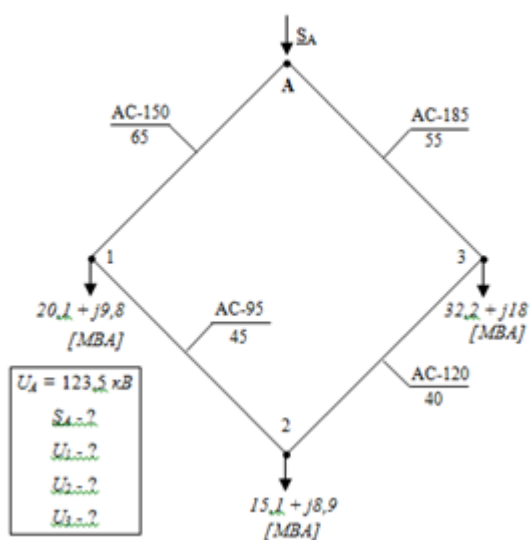
Варіант К-5



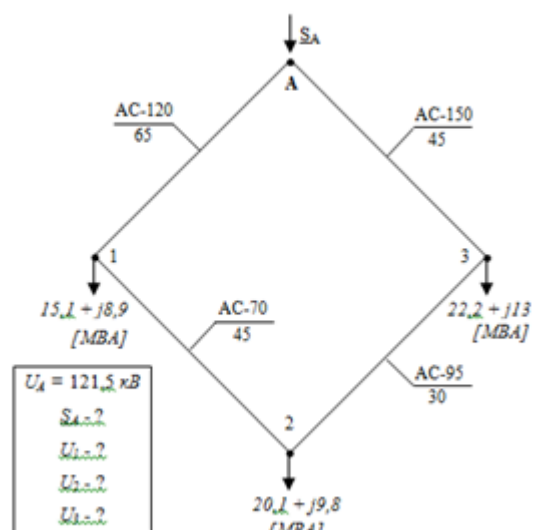
Варіант К-6



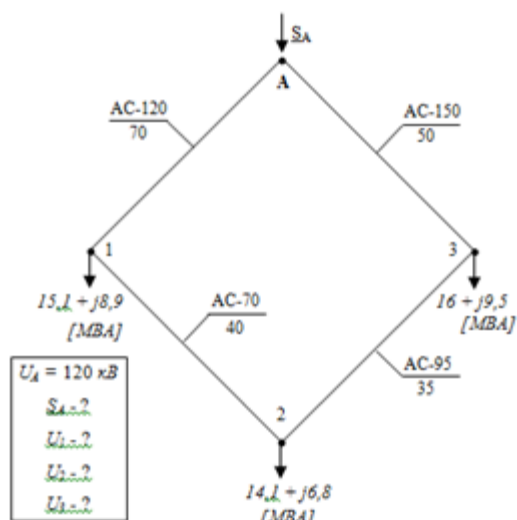
Вариант К-7



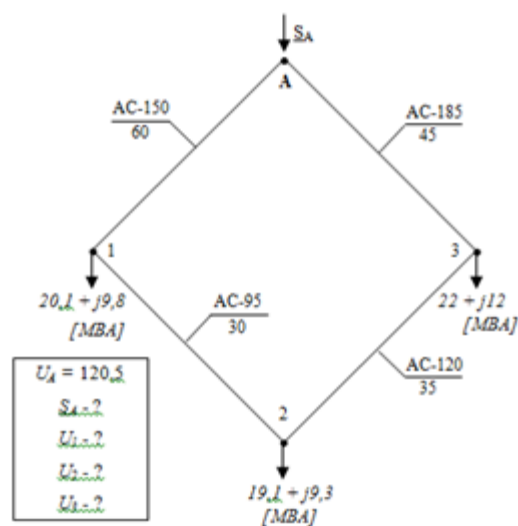
Вариант К-8



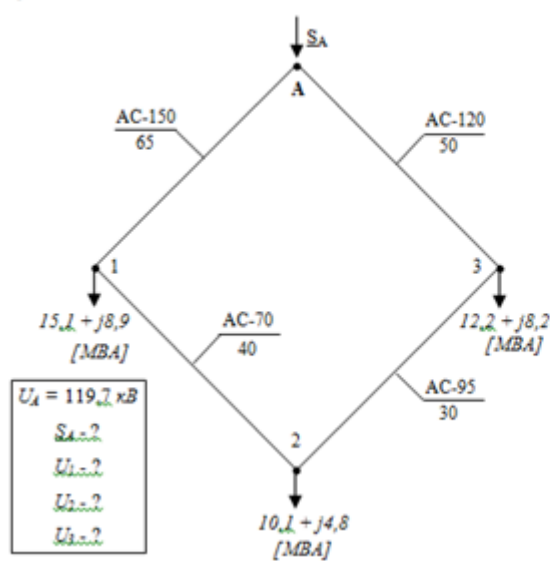
Вариант К-9



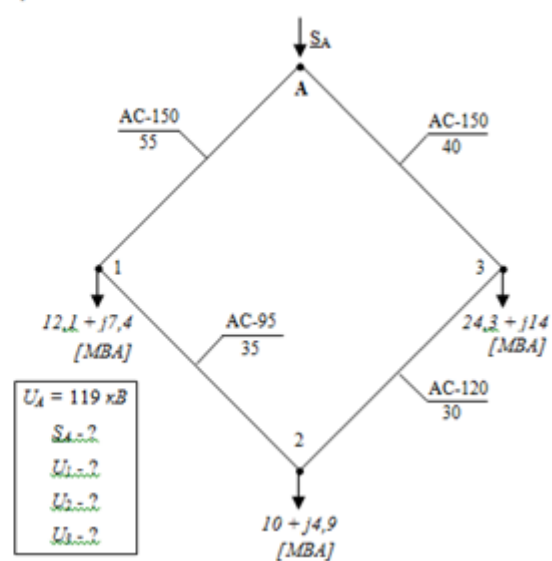
Вариант К-10



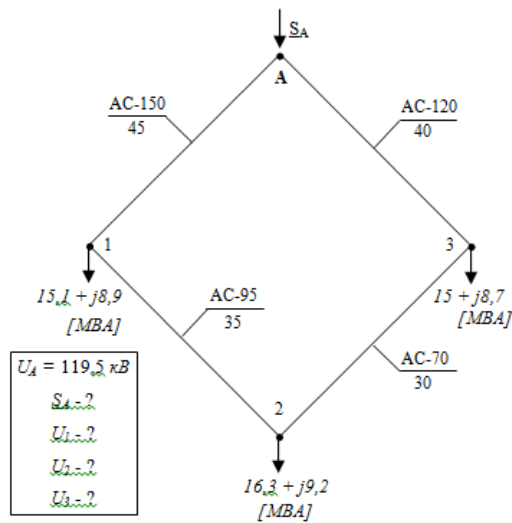
Вариант К-11



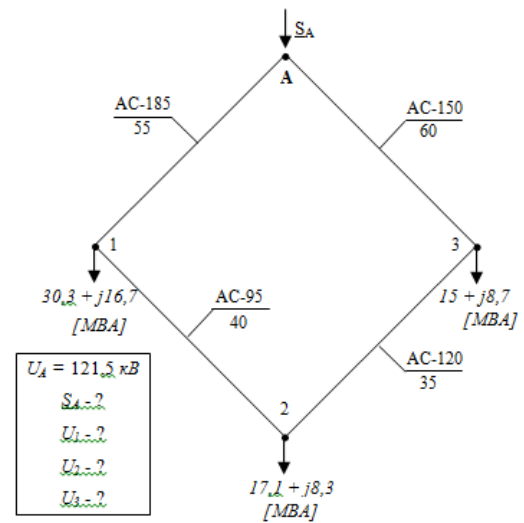
Вариант К-12



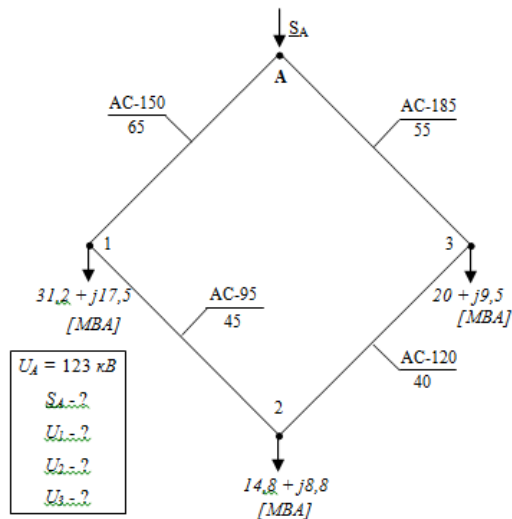
Вариант К-13



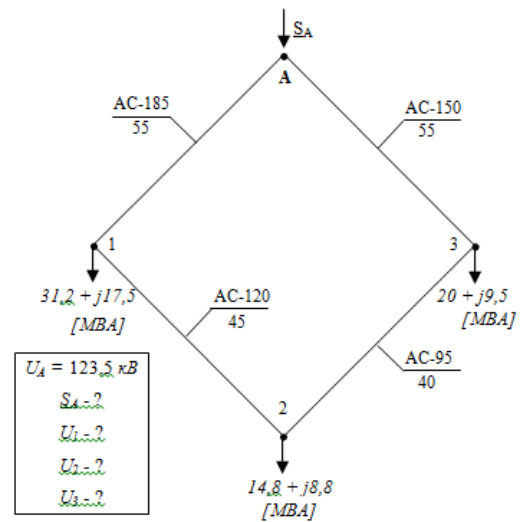
Вариант К-14



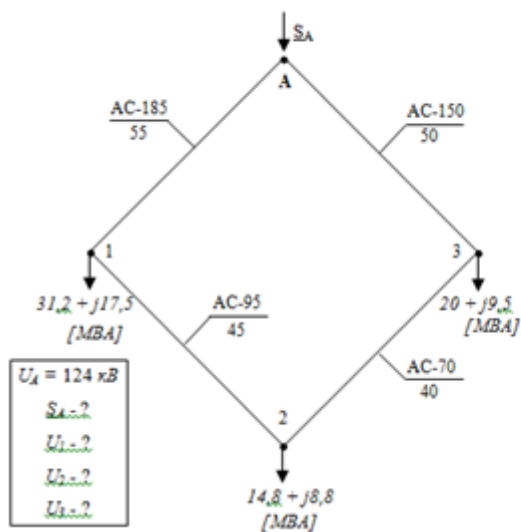
Вариант К-15



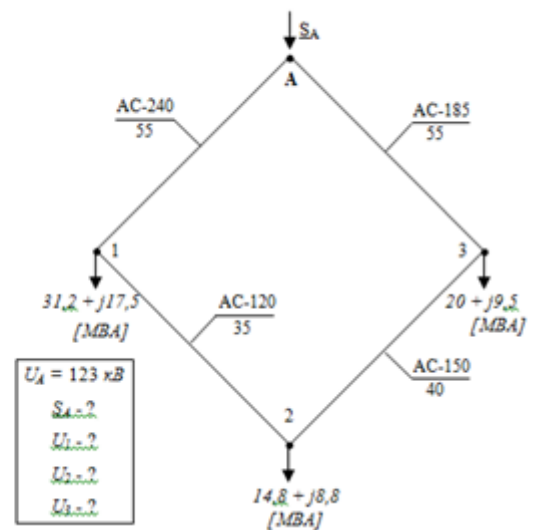
Вариант К-16



Вариант К-17



Вариант К-18



## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Текстовою частиною роботи є пояснювальна записка, обсяг якої складає 30-40 сторінок. У тексті записки стисло викладається методика розрахунків, подається обґрунтування прийнятих рішень, наводяться необхідні для розрахунків формули та схеми.

### 2.1. Структура записки

Пояснювальну записку до проекту (роботи) умовно поділяють на частини:

а) вступна частина:

- 1) титульний аркуш;
- 2) завдання до проекту (роботи);
- 3) зміст;

б) основна частина:

- 1) вступ;
- 2) основна частина проекту (розділи записки);
- 3) перелік посилань;

в) додатки.

Титульний аркуш і бланк завдання для курсового проекту видається студентові на кафедрі. Зовнішній вигляд титульного аркушу пояснювальної записки, а також бланка завдання наведені у додатку Б та додатку В.

У завданні на курсовий проект обов'язково зазначають: термін завершення проекту;

– вихідні дані для проекту – визначається джерело надходження інформації і даних, необхідних для курсового проектування, а також основні групи даних, які використовуються для оформлення проекту;

– зміст розрахунково-пояснювальної записки – стисло наводять перелік питань, які підлягають розробці у курсовому проекті (роботі);

– перелік графічного матеріалу;

– зазначається прізвище керівника курсового проекту;

— календарний план — визначаються основні етапи курсового проекту, а також терміни їх виконання.

## **2.2 Комплектація записки**

Для курсових проектів (робіт) рекомендується послідовність розміщення матеріалів, яка наведена нижче.

Зміст розташовується безпосередньо після завдання та календарного плану виконання проекту (роботи), починаючи з нової сторінки.

Додатки розміщують після основної частини проекту (роботи).

Пояснювальна записка курсового проекту переплітається у прозорий скорозшивач. Креслення виконане на форматі А1 вкладається останнім аркушем, який складено у відповідності до ЄСКД ГОСТ 2.501-88 «Правила учета и хранения».



## **ВИМОГИ ДО СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗАПИСКИ**

### **3.1 Зміст**

До змісту обов'язково включають дані про структурні елементи пояснювальної записки: вступ, послідовно перелічені назви усіх розділів, підрозділів, пунктів і підпунктів (якщо вони мають заголовки) проекту, перелік посилань (перелік використаних джерел), назви додатків і номери сторінок.

Зміст складають, якщо записка містить не менше двох розділів, або один розділ і додаток при загальній кількості сторінок не менше десяти.

Приклад оформлення змісту наведений у додатку В. Вимоги до структурних елементів основної частини та додатків наведено у розділі 2.

### **3.2 Вступ**

У курсових проектах (роботах) вступ розміщується на окремій сторінці (сторінках).

У вступі формулюють мету роботи та завдання, які необхідно вирішити.

Наводять:

- оцінку сучасного стану проблеми;
- розкривають суть розв'язуваних задач і їх господарське значення;
- світові тенденції розв'язання поставлених задач;
- мету роботи та галузь застосування.

### **3.3 Основна частина**

Мета пояснювальної записки – це виклад відомостей про об'єкт (предмет) проектування або науково-технічну розробку, які є необхідними і достатніми для розкриття самої роботи та її результатів.

Особливу увагу приділяють новизні, а також сумісності, взаємозамінності, надійності, заходам безпеки експлуатації елементів ЕПС, екології, ресурсозбереженню та ін.

Якщо у роботі необхідно навести додаткові дані, що не мають суттєвого впливу на зміст проектування та структуру проекту (або не мають безпосереднього відношення до предмету проектування), їх вміщують у додатках.

Зміст проекту викладають, поділяючи матеріал на розділи. Розділи можуть поділятися на пункти або на підрозділи і пункти. Пункти, якщо це необхідно, поділяються на підпункти. Кожен пункт і підпункт повинен містити закінчену інформацію. За необхідності текст проекту може складатись лише з пунктів.

### **3.4 Додатки**

У додатках вміщують матеріал, який:

а) є необхідним для повноти записки, але включення якого до її основної частини може змінити впорядковане і логічне уявлення про роботу (додаткові ілюстрації або таблиці, текст допоміжного характеру, конструкторські документи (схеми, креслення та ін.));

б) матеріали, які через великий обсяг, специфіку викладання або форму подання не можуть бути внесені до основної частини (оригінали фотографій, проміжні математичні формули; розрахунки, інструкції, методики, повні тексти комп'ютерних програм, що були розроблені під час або для проектування тощо);

в) додатковий перелік джерел, на які не було посилань у записці.

## ОФОРМЛЕННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ

### 4.1. Загальні вимоги

Пояснювальну записку виконують згідно з ДСТУ 3008-95 та ГОСТ 2.105-95 на аркушах формату А4 (210х297 мм). За необхідності допускається використання аркушів форматів А5 (148х210 мм) та А3 (297х420 мм).

Для кожного аркуша графічної частини згідно з ГОСТ 2.104-68 передбачений основний напис, зображений на рис. 3.1. Для другого аркуша документа пояснювальної записки (зміст) передбачений основний напис, який зображено на рис. 3.2.

					(2)					
(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(1)	Літера			Маса	Масштаб
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		(	4	)	(5)	(6)
Розробник										
Перевірив										
Т.контр.										
(10)	(11)	(12)	(13)		(3)	Аркуш (7)		Аркушів (8)		
Н.контр.										
Затверд.										

Рисунок 3.1 – Основний напис для аркушів графічного матеріалу

					(2)			
(14)	(15)	(16)	(17)	(18)				
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробник					Літера		Аркуш	Аркушів
Перевірив					( 4 )		(7)	(8)
(10)	(11)	(12)	(13)	(1)	(9)			
Н.контр.								
Затверд.								

Рисунок 3.2 – Основний напис перших сторінок текстових документів

У відповідних графах вказуються:

граф 1 – тема роботи (наприклад, «Розрахунок розгалуженої лінії електропередачі. Пояснювальна записка»);

граф 2 – позначення пояснювальної записки згідно з ГОСТ 2.201-80. Для курсової роботи у графу 2 записують шифр, що складається послідовно із

початкових букв навчального закладу, порядкового номера роботи (проекту), номера залікової книжки, номера варіанту і дописують ПЗ (пояснювальна записка).

Порядкові номери проектів та робіт:

001 – Дипломний проект;

002 – Дипломна робота;

003 – Електричні машини;

004 – Виробництво та розподіл електроенергії;

005 – Електропостачання промислових та муніципальних об'єктів;

006 – Обчислювальна техніка, алгоритмічні мови та програмне забезпечення;

007 – Інженерна графіка;

008 – Промислова електроніка;

009 – Економіка та організація виробництва;

010 – Основи теплотехніки;

011 – Споживачі електричної енергії;

012 – Автоматизований електропривод;

013 – Релейний захист та автоматика;

014 – Енергетичний контроль;

015 – Інші.

Наприклад, шифр НТУУ.005.5302.015 ПЗ означає: Національний технічний університет України, курсовий проект з дисципліни «Електропостачання промислових та муніципальних об'єктів», номер залікової книжки 5302, номер варіанту 15, пояснювальна записка.

граф 3 – позначення матеріалу (тільки для креслень деталей);

граф 4 – літера, що присвоєна даному документу згідно з ГОСТ 2.103-68. Для курсових проектів (робіт) проставляється літера «У», для дипломних проектів – літера «Д»;

граф 5 – маса у кілограмах;

граф 6 – масштаб (масштаби зображень та їх позначення (наприклад, 1:200, 1:500 та ін.) на креслення встановлюються стандартом);

граф 7 – порядковий номер аркуша;

граф 8 – загальна кількість аркушів записки (графу заповнюють тільки на першому аркуші записки);

граф 9 – назва або індекс підприємства, що випустило документ (для навчальних проектів вказують: факультет (ІЕЕ), гр.);

граф 10 – характер роботи, виконаний особою, яка підписує документ (Т.контроль – технічний контроль, Н.контроль – нормоконтроль);

граф 11 – прізвища осіб, що підписали документ;

граф 12 – підписи осіб, прізвища яких вказані у графі 11;

граф 13 – дата підписання документа;

графи 14–18 – графи таблиці змін, в які у разі необхідності вноситься відповідна інформація про зміни на кресленнях.

Для наступних аркушів пояснювальної записки використовується напис, зображений на рис. 3.3.

					(2)	Арк.
(14)	(15)	(16)	(17)	(18)		(7)
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 3.3 – Основний напис текстових документів

Під час курсового проектування дозволяється не заповнювати граfi форми, наданої на рис. 3.3, крім граfi 7.

## 4.2 Мова

Курсовий проект (робота) оформлюється українською мовою. З метою сприяння процесу активного функціонування державної мови у науковій сфері, а також проектуванні, активізації процесу становлення української наукової термінології в усіх галузях науки студентам **рекомендується** використовувати українську мову для написання дипломних (курскових) проектів (робіт).

Дозволяється використовувати також англійську, німецьку, французьку (або іншу іноземну мову), але у цьому випадку захист роботи повинен відбуватися у присутності запрошеного фахівця з кафедри іноземної мови.

## 4.3 Вимоги до тексту

Пояснювальна записка виконується машинним (за допомогою комп'ютерної техніки) способом, на одному боці аркуша білого паперу формату А4 (210x297 мм).

З використанням комп'ютерної техніки (текстовий редактор Word) текст друкується шрифтом 14-го розміру з одинарним інтервалом, формули у MathType.

Текст розміщують наступним чином:

- відстань від рамки на початку або кінці рядка до тексту не менше 5 мм;
- відстань від верхнього або нижнього рядка тексту до верхньої або нижньої рамки форми не менше 10 мм;
- відстань між заголовками підрозділів або пунктів і подальшим або попереднім текстом має бути один рядок;
- абзацний відступ повинен бути однаковим впродовж усього тексту записки і дорівнювати 10–15 мм.

Під час виконання записки необхідно дотримуватись рівномірної щільності, контрастності та чіткості зображення. Всі лінії, літери, цифри і знаки повинні бути одного кольору впродовж усього тексту.

Оформлення тексту, ілюстрацій і таблиць за машинного способу має відповідати вимогам цих вказівок з урахуванням можливостей комп'ютерної техніки.

Помилки, описки та графічні неточності допускається виправляти підчищенням або зафарбуванням білою фарбою та нанесенням на тому ж місці або між рядками виправленого зображення, але не більше чотирьох виправлень на сторінку.

#### **4.4 Оформлення структурних елементів**

Заголовки структурних частин курсового проекту (роботи) «ЗАВДАННЯ НА КУРСОВИЙ ПРОЕКТ», «ЗМІСТ», «ВСТУП», «ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ», а також заголовки розділів слід розташовувати посередині рядка і друкувати великим літерами без крапки у кінці, не підкреслюючи.

Кожну структурну частину роботи треба починати з нової сторінки.

Заголовки підрозділів, пунктів і підпунктів записки слід починати з абзацного

відступу та друкувати маленькими літерами, крім першої великої, не підкреслюючи, без крапки у кінці. Якщо заголовок складається з двох і більше речень, їх розділяють крапкою. Перенесення слів у заголовку розділу не допускається.

Відстань між основами рядків заголовку, а також між двома заголовками приймають такою, як у тексті.

Не допускається розміщувати назву підрозділу, а також пункту й підпункту, у нижній частині сторінки, якщо після неї розміщено тільки один рядок тексту.

#### **4.5 Нумерація сторінок записки**

Нумерацію сторінок починають рахувати з титульного аркуша, але на всіх аркушах, що передують структурному елементу «ЗМІСТ», номери сторінок не проставляються.

Сторінки записки слід нумерувати арабськими цифрами, дотримуючись наскрізної нумерації впродовж усього тексту. Пояснювальна записка до курсового проекту (роботи) оформлюється на аркушах з рамками (див. рис. 3.2 і 3.3). Номер сторінки проставляється у відповідній графі штампу.

У штампі першої сторінки пояснювальної записки з змістом у відповідних графах ставлять порядковий номер сторінки та загальну кількість сторінок записки.

Ілюстрації і таблиці, які розміщені на окремих сторінках, включають до загальної нумерації записки.

#### **4.6 Нумерація розділів, підрозділів, пунктів, підпунктів**

Розділи, підрозділи, пункти, підпункти записки нумеруються арабськими цифрами.

Розділи записки повинні мати порядкову нумерацію у межах викладення її суті та позначатися арабськими цифрами без крапки, наприклад: 1, 2, 3, 4 і т.д.

Підрозділи повинні мати порядкову нумерацію у межах кожного розділу. Номер підрозділу складається з номера розділу та порядкового номера підрозділу, відокремленого крапкою. Після номера підрозділу крапку не ставлять, наприклад: 1.1 (перший підпункт першого розділу), 1.2, 1.3 і т.д.

Пункти повинні мати порядкову нумерацію у межах кожного розділу або підрозділу. Номер пункту складається з номера розділу, порядкового номера підрозділу та порядкового номера пункту, відокремленого крапками. Після номера пункту крапку не ставлять, наприклад: 1.1.1, 1.1.2 і т.д.

Номер підпункту складається з номера розділу, порядкового номера підрозділу, порядкового номера пункту і порядкового номера підпункту, відокремлених крапками, наприклад: 1.1.1.1, 1.1.1.2 і т.д.

#### **4.7 Ілюстрації**

Ілюстрації (креслення, рисунки, графіки, схеми, діаграми, фотографії) слід розміщувати у записці безпосередньо після тексту, де вони згадуються вперше, або на наступній сторінці. На всі ілюстрації мають бути посилання у пояснювальній записці.

Креслення, рисунки, графіки, схеми, діаграми, розміщені у записці, мають бути виконані відповідно до вимог стандартів «Единой системы конструкторской документации» та «Единой системы программной документации».

Ілюстрації можуть мати назву, яку розміщують безпосередньо під ними. За необхідності під ілюстрацією розміщують пояснювальні дані (підрисунковий текст).

Ілюстрація позначається словом «Рисунок – \_\_», яке разом з назвою ілюстрації розміщують після пояснювальних даних, наприклад: «Рисунок 3.1 – Схема заміщення».

Ілюстрації слід нумерувати арабськими цифрами порядковою нумерацією у межах розділу, за винятком ілюстрацій, наведених у додатках.

Номер ілюстрації складається з номера розділу і порядкового номера ілюстрації, відокремлених крапкою, наприклад: Рисунок 3.2 – другий рисунок третього розділу.

Якщо у записці вміщено тільки одну ілюстрацію, її також нумерують згідно з наведеними правилами.

Розміщувати рисунки слід так, щоб їх можна було читати без повороту рукопису. Якщо це неможливо – ілюстрації розміщують так, щоб рукопис треба



було повернути за стрілкою годинника.

Ілюстрації, за необхідністю, можуть бути перелічені у змісті з зазначенням їх номерів, назви та номерів сторінок, на яких вони розміщені.

Правила оформлення посилань на ілюстрації дивись 3.13 та 3.15.

#### **4.8 Примітки**

Примітки вміщують у записці за необхідності пояснення змісту тексту, таблиці або ілюстрації, їх розташовують безпосередньо після тексту, таблиці, ілюстрацій, яких вони стосуються. У вступній частині розміщувати примітки не допускається.

Одну примітку не нумерують. Слово «Примітка» пишуть (друкують) з великої літери з абзацного відступу. Після слова «Примітка» ставлять крапку, і з великої літери у тому ж рядку подають текст примітки.

Приклад:

Примітка. \_\_\_\_\_

Декілька приміток нумерують послідовно арабськими цифрами з крапкою. Після слова «Примітки» ставлять двокрапку і з нового рядка з абзацу після номера примітки з великої літери подають текст примітки.

Приклад:

Примітки:

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

#### **4.9 Формули та рівняння**

Формули та рівняння розташовують безпосередньо після тексту, в якому вони згадуються, посередині рядка. Вище і нижче кожної формули або рівняння повинно бути залишено не менше одного вільного рядка.

Формули та рівняння у записці (за винятком формул і рівнянь, наведених у додатках) слід нумерувати порядковою нумерацією у межах розділу. Номер формули або рівняння складається з номера розділу та порядкового номера формули

або рівняння, відокремлених крапкою, наприклад, формула (1.3) – третя формула першого розділу. Нумерувати слід лише ті формули, на які є посилання у наступному тексті. Інші нумерувати не рекомендується.

Номер формули або рівняння зазначають на рівні формули або рівняння у дужках у крайньому правому положенні на рядку. У разі, якщо номер формули не вміщується у рядку з формулою, його переносять у наступний рядок.

Пояснення значень символів і числових коефіцієнтів, що входять до формули чи рівняння, слід наводити безпосередньо під формулою у тій послідовності, в якій вони наведені у формулі чи рівнянні. Перший рядок починають з нового рядка словом «де» з абзацного відступу без двокрапки, наприклад:

Відомо, що втрати активної потужності, кВт, у трифазному шинопроводі у загальному випадку без врахування втрат у конструкціях, дорівнює

$$\Delta P_{\text{ш}} = (I_A^2 R_A + I_B^2 R_B + I_C^2 R_C) \cdot 10^{-3}, \quad (3.1)$$

де  $I_A, I_B, I_C$  – струми у фазах, А;

$R_A, R_B, R_C$  – активний опір відповідних фаз, Ом.

Під час рівномірного навантаження фаз  $I_A = I_B = I_C = I$  і однакових активних опор фаз ( $R_A = R_B = R_C = R$ ), з урахуванням коефіцієнту додаткових витрат ( $k_{\text{д.в}}$ ) маємо:

$$\Delta P_{\text{ш}} = 3I^2 R k_{\text{д.в}} \cdot 10^{-3}, \quad (3.2)$$

Після пояснення символу наводять одиниці виміру, які використовуються у даній формулі. Найбільш часто вживані одиниці виміру:

- а) сила струму – А (ампер), кА (кілоампер);
- б) напруга – В (вольт), кВ (кіловольт);
- в) повна потужність – В·А (вольтампер), кВ·А (кіловольтампер), МВ·А (мегавольтампер);
- г) потужність активна – Вт (ват), кВт (кіловат), МВт (мегаватт);

д) потужність реактивна – вар (вар), квар (кіловар), Мвар (мегавар);

е) електричний опір – Ом (ом), мОм (міліом).

Якщо наводиться пояснення значень символів і числових коефіцієнтів після формули ставиться кома (,). У іншому випадку – ставлять крапку (.).

Підставлення значень у формули здійснюється після запису формули та пояснення величин, що входять у формулу чи рівняння.

Допускається не повторювати літерні позначення під час підставлення значень, якщо розрахунок йде безпосередньо після запису формули і її розшифровки.

Наприклад, номінальну величину струму  $I_{\text{ном}}$  (А) двигуна можна розрахувати за формулою:

$$I_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}} \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}} \cos \varphi_{\text{ном}} \eta_{\text{ном}}}, \quad (3.3)$$

де  $P_{\text{ном}}$  – номінальна потужність, кВт;

$U_{\text{ном}}$  – номінальна напруга, В;

$\cos \varphi_{\text{ном}}$  – номінальний коефіцієнт потужності, в.о.;

$\eta_{\text{ном}}$  – номінальний коефіцієнт корисної дії, в.о.

Підставивши у формулу відповідні значення отримаємо величину номінального струму:

$$I_{\text{ном}} = \frac{109,5 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,57 \cdot 0,88} = 331,67 \text{ А.}$$

Переносити формули чи рівняння на наступний рядок допускається тільки на знаках виконуваних операцій, повторюючи знак операції на початку наступного рядка. Таким чином, якщо рівняння не вміщується в один рядок, його слід перенести після знака рівності (=) або після знаків плюс (+), мінус (-), множення (x) і ділення (:).

Формули, що йдуть одна за одною і не розділені текстом, відокремлюють комою, а після останньої ставлять крапку.

Наприклад:

$$I'' = I_{nt} = I_{\infty} = \frac{I_6}{\sqrt{r_{\Sigma^*}^2 + x_{\Sigma^*}^2}}, \quad (3.4)$$

$$I'' = \frac{I_6}{z_{\Sigma^*}^2}, \quad (3.4)$$

Якщо у записі тільки одна формула чи рівняння, їх також нумерують за наведеними вимогами.

#### 4.10 Посилання

Бібліографічні описи у переліку посилань подають у порядку, за яким вони вперше згадуються у тексті. Порядкові номери описів у переліку є посиланнями у тексті (номер посилання).

У відповідних місцях тексту повинні бути посилання, які оформлюються у квадратні дужки, наприклад: «... згідно з методикою розрахунку, описаною в [6], отримуємо ...», «... згідно з табл. 10.1 [4] ...».

Посилання у тексті записки на джерела слід зазначити порядковим номером за переліком посилань, виділеним двома квадратними дужками, наприклад: «...у роботах [1–5]...».

При посиланнях на розділи, підрозділи, пункти, підпункти, ілюстрації, таблиці, формули, рівняння, додатки пояснювальної записки зазначають їх номери. Приклади запису посилань: «... у розділі 4 ...», «... дивись 2.1 ...», «... за 3.3.4 ...», «...відповідно до 2.3.4.1 ...», «... на рис. 1.3 ...» або «...на рисунку 1.3 ...», «... у таблиці 3.2 ...», «...(див. табл. 3.2)...», «... за формулою (3.1) ...», «...у рівняннях (1.23)–(1.25) ...», «... у додатку Б ...».

#### 4.11 Оформлення додатків

Додатки оформлюють як продовження документа. При цьому додатки повинні мати наскрізну нумерацію сторінок, загальну з документом. Всі додатки повинні бути перераховані у змісті. Розташування додатків повинно бути за порядком появи посилань на них у тексті.

Кожен додаток (якщо їх кілька) починають з нової сторінки. Додаток повинен мати заголовок, написаний (надрукований) вгорі малими літерами (крім першої великої) симетрично відносно тексту сторінки. Посередині рядка над заголовком малими літерами з першої великої повинно бути надруковано слово «Додаток \_\_» і велика літера, що його позначає.

Додатки слід позначати послідовно літерами української абетки, за винятком літер «Г, Є, З, І, Ї, Й, О, Ч, Ь» наприклад: додаток А, додаток Б і т.д. Якщо в пояснювальній записці один додаток, він позначається як додаток А.

За необхідності текст додатків може поділятися на розділи, підрозділи, пункти та підпункти, які слід нумерувати у межах кожного додатку. У такому випадку перед кожним номером ставлять позначення додатку (літеру) і крапку (див. додаток Г, рис. Г.1).

Ілюстрації, таблиці, формули та рівняння, що є у тексті додатку, слід нумерувати у межах кожного додатку, наприклад: рисунок Б.3 – третій рисунок додатку Б; таблиця А.2 – друга таблиця додатку А; формула (А.1) – перша формула додатку А.

Якщо у додатку одна ілюстрація, одна таблиця, одна формула чи одне рівняння, їх також нумерують, наприклад: рисунок А.1, таблиця А.1, формула (В.1).

У посиланнях у тексті додатку на ілюстрації, таблиці, формули, рівняння, рекомендується писати: «... на рисунку А.2 ...», «... у таблиці Б.3 ...», або «... у табл. Б.3 ...», «... за формулою (В.1) ...», «... у рівнянні (Г.2) ...».

Джерела, що використовуються тільки у додатках, розглядаються незалежно від тих, що використовуються у основній частині роботи, і повинні бути перелічені наприкінці кожного додатку у переліку посилань.

#### **4.12 Скорочення та власні назви**

Скорочення слів у тексті та підписах під ілюстраціями, як правило, не допускається. Виключеннями є загальноприйняті скорочення: у кінці фрази – і т.д. (і так далі), і т.п. (і тому подібне), і т.ін. (і таке інше), і ін. (і інше); при посиланнях – див. (дивись), табл. (таблиця), рис. (рисунок), ст. (сторінка), п. (пункт), пп. (пункти), розд. (розділ, розділи), р. (рік), рр. (роки).

Не допускається скорочувати слова, якщо під час використання цих скорочень можливе різне розуміння тексту.

Дозволяється використовувати скорочення слів і словосполучень, характерних для певної галузі або області діяльності. Записують такі скорочення безпосередньо у тексті (у дужках після повної назви або під час першого входження у текст), наприклад: повітряна лінія (ПЛ).

Непотрібно скорочувати слова і словосполучення: графа, рівняння, формула, так як, наприклад, таким чином, тобто, так званий.

У тексті не допускається скорочення позначення одиниць фізичних величин, якщо вони використовуються без цифр, за виключенням одиниць фізичних величин у заголовках таблиць і у розшифровках літерних позначень, що входять до формул.

Слова *maximum*, *minimum* і номінальний бажано використовувати у скороченому вигляді для індексів (*max*, *min* і *ном*). У тексті необхідно писати максимум, мінімум і номінальний.

Прізвища, назви установ, організацій, фірм та інші власні назви у записці наводять мовою оригіналу.

Для виконавця записують ім'я (або першу літеру імені з крапкою) та прізвище (за бажанням автора після імені вказують по батькові). Для керівника курсового проекту при наявності у відповідних графах місця записують вчений ступінь, вчене звання, ім'я (або перша літера імені з крапкою) та прізвище.

#### **4.13 Числа і знаки**

Після цифрових величин повинні ставитись умовні позначення одиниць вимірювання, а у тексті, навпаки, їх повні назви: 17,5 кг, але «кілька кілограмів». Не

можна поєднувати текст з умовними та математичними позначеннями, наприклад, не « $t^{\circ}$  нагріву», а «температура нагріву»; не «швидкість = 5 м/с», а «швидкість дорівнює 5 м/с».

У тексті не допускається використовувати без числових або літерних значень:

- математичні символи та знаки: Log, Lg, Ln (логарифм), sin, cos, tg, ctg (тригонометричні функції), 0 (нуль), = (дорівнює),  $\neq$  (не дорівнює),  $\geq$  (більше або рівне),  $\leq$  (менше або дорівнює) тощо.

- знаки: № (номер), % (відсоток),  $^{\circ}$  (градус),  $\varnothing$  (діаметр) і ін.

У тексті пишуть словами «нуль», «номер» тощо. Знаки №, % та ін. при позначенні множини числа не подвоюються.

Не допускається ставити тире перед цифровими величинами, щоб не плутати його із знаком мінус. Замість цього знаку для величин, що мають від’ємне значення, писати слово «мінус».

Числа до дев’яти без розмірності потрібно писати у тексті словами, понад дев’ять цифрами (наприклад, «три криві», «10 значень»); числа з розмірністю пишуться цифрами, а без розмірності – словами, наприклад, «відстань – не більше 2 м»; «котушку перевірити два рази».

Порядкові числівники пишуть цифрами з родовими закінченнями (наприклад, «9-й день»). При декількох порядкових числівниках закінчення узгоджується з останнім з них (наприклад, «3, 4, 5-й графіки»).

Кількісні числівники пишуться без закінчень, наприклад, «у 20 випадках», «на 10 аркушах». Не допускаються також закінчення в датах (наприклад, «21 квітня»).

У проекті необхідно використовувати одиниці системи SI. Якщо виміри проводяться в інших одиницях, переведення їх в одиниці SI обов’язкове.

Елементи дати можуть бути оформлені у словесно-цифровому варіанті (наприклад, 29 січня 1993 року) або арабськими цифрами у рядок у такій послідовності: рік, місяць, число (наприклад, дату 1 жовтня 1993 року слід оформлювати так: 1993.10.01. або 93.10.01).

## Додаток А

**Т а б л и ц а . Индуктивные сопротивления воздушных линий со сталеалюминиевыми проводами, Ом/км, для различных марок проводов**

Среднегеометрическое расстояние между проводами, мм	АС 10	АС 16	АС 25	АС 35	АС 50	АС 70	АС 95
900	0,394	0,382	0,368	0,354	0,345	0,335	0,324
1100	0,407	0,394	0,382	0,366	0,358	0,347	0,336
1300	0,418	0,405	0,392	0,376	0,368	0,357	0,347
1500	0,427	0,414	0,401	0,386	0,378	0,367	0,356
1750	0,436	0,422	0,410	0,394	0,388	0,376	0,366
2000	0,446	0,432	0,419	0,403	0,396	0,385	0,374
2250	0,452	0,439	0,427	0,412	0,403	0,393	0,382
2500	0,458	0,446	0,432	0,418	0,409	0,399	0,388
2750	0,465	0,452	0,440	0,423	0,416	0,406	0,394
3000	0,470	0,457	0,445	0,430	0,421	0,410	0,400

Примечания: 1. Для линий 6—10 кВ на типовых деревянных опорах среднее расстояние между проводами марок АС 10—АС 25 равно 1120 мм, а для проводов больших сечений — 1750 мм.

2. Для линий 35 кВ на типовых деревянных опорах среднее расстояние между проводами равно 2640 или 2100 мм в зависимости от конструкции опоры.



Таблица Расчетные данные сталеалюминиевых проводов марок АС, АПС, АСК, АПСК, АПСКП, АСКС, АПСКС по ГОСТ 839—80

Номинальное сечение, мм <sup>2</sup> (алюминий/сталь)	Сечение, мм <sup>2</sup>		Диаметр мм		Электрическое сопротивление постоянному току при 20 °С, Ом/км, не более	Разрывное усилие провода, Н, не менее, из алюминиевой проволоки марки		Масса, кг/км					
	алюминия	стали	провода	стального сердечника		АТ	АТп	алюминия	стали	провода (без смазки)	смазки для проводов марок		смазки/пленки для проводов марок АСК, АПСК
											АСК, АПСК	АСКП, АПСКП	
35/6,2	36,9	6,15	8,4	2,8	0,79	—	13 524	100	48	148	2,5	2,5	—/0,84
50/8	48,2	8,04	9,6	3,2	0,603	16 639	17 112	132	63	195	3	3	—/0,84
70/11	68	11,3	11,4	3,8	0,429	23 463	24 130	188	88	276	4,5	4,5	1/1,12
70/72	68,4	72,2	15,4	11	0,428	—	96 826	188	567	755	38	38	19/3
95/16	95,4	15,9	13,5	4,5	0,306	32 433	33 369	261	124	385	6	6	—/1,4
95/141	91,2	141	19,8	15,4	0,321	—	180 775	251	1106	1357	69	63	25/4
120/19	118	18,8	15,2	5,6	0,249	—	41 521	324	147	471	11	35	9/2
120/27	114	26,6	15,4	6,6	0,253	—	49 465	320	208	528	14	37	12/2
150/19	148	18,8	16,8	5,6	0,199	—	46 307	407	147	554	12	42	9/2
150/24	149	24,2	17,1	6,3	0,198	—	52 279	409	190	599	14	44	11/2
150/34	147	34,3	17,5	7,5	0,201	—	62 643	406	269	675	18	48	15/2
185/24	187	24,2	18,9	6,3	0,157	56 241	58 075	515	190	705	14	53	11/2
185/29	181	29	18,8	6,9	0,162	59 634	62 055	500	228	728	16	52	13/2
185/43	185	43,1	19,6	8,4	0,158	—	77 767	509	337	846	23	61	18/2
185/128	187	128	23,1	14,7	0,158	—	183 816	517	1008	1525	63	85	23/4
240/32	244	31,7	21,6	7,2	0,121	72 657	75 050	673	248	921	17	74	14/2

Таблица Расчетные данные ВЛ 35—150 кВ со сталеалюминиевыми проводами (на 100 км)

Номинальное сечение провода, мм <sup>2</sup>	$r_0$ , Ом, при +20 °С	35 кВ	110 кВ			150 кВ		
		$x_0$ , Ом	$x_0$ , Ом	$b_0 \cdot 10^{-4}$ См	$q_0$ , Мвар	$x_0$ , Ом	$b_0 \cdot 10^{-4}$ См	$q_0$ , Мвар
70/11	42,8	43,2	44,4	2,55	3,40	46	2,46	5,5
95/16	30,6	42,1	43,4	2,61	3,5	45	2,52	5,7
120/19	24,9	41,4	42,7	2,66	3,55	44,1	2,56	5,8
150/24	19,8	40,6	42	2,7	3,6	43,4	2,61	5,9
185/29	16,2	—	41,3	2,75	3,7	42,9	2,64	5,95
240/32	12	—	40,5	2,81	3,75	42	2,7	6,1

Т а б л и ц а . Трехфазные двухобмоточные трансформаторы 110 кВ

Тип	$S_{\text{ном}}$ МВ·А	Пределы регулиру- ния	Каталожные данные					
			$U_{\text{ном}}$ кВ, обмоток		$u_k$ %	$P_k$ кВт	$\Delta P_x$ кВт	$I_x$ %
			ВН	НН				
ТМН-2500/110	2,5	$\pm 10 \times 1,5$ % $-8 \times 1,5$ %	110	6,6; 11	10,5	22	5,5	1,5
ТМН-6300/110	6,3	$\pm 9 \times 1,78$ %	115	6,6; 11	10,5	44	11,5	0,8
ТДН-10000/110	10	$\pm 9 \times 1,78$ %	115	6,6; 11	10,5	60	14	0,7
ТДН-16000/110	16	$\pm 9 \times 1,78$ %	115	6,5; 11	10,5	85	19	0,7
ТРДН-25000/110 (ТРДНФ-25000/110)	25	$\pm 9 \times 1,78$ %	115	6,3/6,5; 6,3/10,5; 10,5/10,5	10,5	120	27	0,7
ТДНЖ-25000/110	25	$\pm 9 \times 1,78$ %	115	27,5	10,5	120	30	0,7
ТД-40000/110	40	$\pm 2 \times 2,5$ %	121	3,15; 6,3; 10,5	10,5	160	50	0,65
ТРДН-40000/110	40	$\pm 9 \times 1,78$ %	115	6,3/6,3; 6,3/10,5; 10,5/10,5	10,5	172	36	0,65
ТРДЦН-63000/110	63	$\pm 9 \times 1,78$ %	115	6,3/6,3; 6,3/10,5; 10,5/10,5	10,5	260	59	0,6

## Додаток Б

### Титульний аркуш та бланк завдання до курсового проекту

Форма № Н-6.01

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ГОРЯ СІКОРГСЬКОГО»  
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

## КУРСОВА РОБОТА

з дисципліни «ЕЛЕКТРИЧНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ»

ВАРІАНТ-№

Студента \_\_\_\_ курсу групи \_\_\_\_  
напряму підготовки: \_\_\_\_\_  
електротехніка та електротехнології  
спеціальності: електротехнічні системи  
електроспоживання

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник ас., к.т.н. Дерев'яно Д. Г.

Національна оцінка \_\_\_\_\_

Кількість балів: \_\_\_\_\_ Оцінка: ECTS

\_\_\_\_\_

Члени комісії

\_\_\_\_\_  
(підпис) доц., к.т.н. Ткаченко В.В.

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Київ – 2017 рік

## Календарний план

[illegible]

## Бланк завдання до курсового проекту (підрозділ 1.3 та 1.4)

НТУУ «КПІ»					
(назва вищого навчального закладу)					
<b>Кафедра</b>					
<b>Дисципліна</b>					
<b>Спеціальність</b>					
<b>Курс</b>		<b>Група</b>		<b>Семестр</b>	

## ЗАВДАННЯ

### на курсовий проект студента

(прізвище, ім'я, по батькові)	
<b>1 Тема роботи</b>	
<b>2 Термін здачі студентом закінченої роботи</b>	
<b>3 Вихідні дані до роботи</b>	Згідно методичних вказівок у відповідності до варіанту
<b>4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають обробці)</b>	
1 Електропостачання промислового підприємства: розрахунок електричних навантажень, вибір економічної кількості та потужності трансформаторів, вибір схеми та елементів електричної мережі напругою 0,38 кВ цеху, вибір робочого відгалуження розподільних трансформаторів.	
2 Електропостачання мікрорайону міста: розрахунок електричних навантажень житлових та громадських будинків, трансформаторних підстанцій та мікрорайону міста.	
3 Електропостачання споживачів напругою 35 кВ: розрахунок річних втрати електроенергії у лінії 35 кВ і трансформаторній підстанції 35/10 кВ методом середніх навантажень, складення балансу річних втрат електроенергії.	
4 Шини центра живлення напругою 10 кВ: розрахунок електричних навантажень та вибір потужності конденсаторних установок на шинах центру живлення напругою 10 кВ.	
<b>5 Перелік графічного матеріалу (з точною вказівкою обов'язкових креслень)</b>	
1 План розташування електрообладнання та розводки електричної мережі.	
<b>6 Дата видачі завдання</b>	

## **Додаток В**

### **Приклад оформлення змісту**

#### **ЗМІСТ**

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1 «РОЗРАХУНОК РЕЖИМУ РОБОТИ ЛІНІЇ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ ЗА ДАНИМИ КІНЦЯ ЛІНІЇ».....	17
РОЗДІЛ 2 «РОЗРАХУНОК РЕЖИМУ РОЗГАЛУЖЕНОЇ РОЗІМКНЕНОЇ МЕРЕЖІ ОДНІЄЇ НОМІНАЛЬНОЇ НАПРУГИ».....	24
РОЗДІЛ 3 «РОЗРАХУНОК РЕЖИМУ РОЗГАЛУЖЕНОЇ РОЗІМКНЕНОЇ МЕРЕЖІ ДВОХ НОМІНАЛЬНИХ НАПРУГ».....	33
РОЗДІЛ 4 «РОЗРАХУНОК РЕЖИМУ ЗАМКНУТОЇ МЕРЕЖІ З ОДНОГО КОНТУРУ ОДНІЄЇ НОМІНАЛЬНОЇ НАПРУГИ».....	40

## Додаток Г

### Приклад оформлення списку використаних джерел

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Шестеренко В.Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств [Текст] : підручник / В.Є Шестеренко. – Вінниця : Нова Книга, 2004. – 656 с.
- 2 Денисенко М.А. Методичні вказівки та завдання до курсового проектування з курсу «Електропостачання промислових підприємств» для студентів спеціалізації «Електропостачання промислових підприємств» [Текст] / М.А. Денисенко, О.І. Соловей, Є.М. Іншеков. – К. : НТУУ «КПІ», 1994. – 64 с.
- 3 Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення : ДБН В.2.5-23:2010. – Офіц. вид. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 104 с. – Державні будівельні норми України.
- 4 Правила улаштування електроустановок [Текст] : вид. 3-є, перероб. і доп. – Офіц. вид. – К. : Мінпаливенерго України, 2010. – 736 с.
- 5 Князевский Б.А. Монтаж и эксплуатация промышленных электроустановок [Текст] / Б.А. Князевский, Л.Е. Трунковский. – М. : Энергия, 1984. – 175 с.
- 6 Электрическая энергия. Совместимость технических средств. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения : ГОСТ 13109-97. – [Действующий от 1999-01-01]. – На замену ГОСТ 13109-87.
- 7 Веников В.А. Электрические системы. Режимы работы электрических систем и сетей [Текст] / Под ред. В.А. Веникова. – М. : Высшая школа, 1975. – 344 с.
- 8 Веников В.А. Регулирование напряжения в электроэнергетических системах [Текст] / В.А. Веников, В.И. Идельчик, М.С. Лисеев. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 209 с.
- 9 Переходные процессы в системах электроснабжения [Текст] : учеб. для

ВУЗов / Г.Г. Пивняк, В.Н. Винославский, А.Я. Рыбалко, Л.И. Несен ; под ред. Г.Г. Пивняка. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат; Днепропетровск : Национальный горный университет, 2003. – 548 с.

10 Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения [Текст] : учебник для ВУЗов / В.А. Андреев. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 2006. – 639 с.

11 Шабад М.А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей [Текст] / М.А. Шабад. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л. : Ленингр. отделение Энергоатомиздат, 1985. – 296 с.

12 Беркович М.А. Основы техники и эксплуатации релейной защиты [Текст] / М.А. Беркович, В.А. Семенов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергия, 1971. – 584 с.

13 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів : ДНАОП 0.00-1.21-98. – Офіц. вид. – К. : Держбуд України, 2001 – 24 с.

14 Заклади охорони здоров'я. Санітарно-гігієнічні вимоги : ДБН В.2.2-10-2001. – Офіц. вид. – К. : Держбуд України, 2001 – 15 с. – Державні будівельні норми України.

15 Литвиненко Г. Засоби індивідуального захисту: виготовлення та застосування [Текст] / Г. Литвиненко, Л. Третьякова. – К. : Лібра, 2008 – 318 с.

16 Естественное и искусственное освещение : СНиП 23-05-95. – Действителен с 1996-01-01– Офиц. изд. – М., 1995 – 35 с. – Строительные нормы и правила России.